



**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ESTRUTURAS**

ANDRÉ DE ARAÚJO VIEIRA

**Redução do Impacto Ambiental das Estruturas em Concreto Pré-
Moldado Através de Otimização por Algoritmo Genético**

São Carlos

2014

ANDRÉ DE ARAÚJO VIEIRA

**Redução do Impacto Ambiental das Estruturas em Concreto Pré-
Moldado Através de Otimização por Algoritmo Genético**

VERSÃO CORRIGIDA

A versão original encontra-se na Escola de Engenharia de São Carlos

Dissertação apresentada ao Departamento de Engenharia de Estruturas da EESC-USP, como parte integrante dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Estruturas.

Área de Concentração: Engenharia de Estruturas

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Ana Lúcia Homce de Cresce El Debs

São Carlos

2014

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

V657r Vieira, André de Araújo
 Redução do impacto ambiental das estruturas em concreto pré-moldado através de otimização por algoritmo genético / André de Araújo Vieira; orientadora Ana Lucia Homce de Cresce El Debs. São Carlos, 2014.

 Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Estruturas -- Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2014.

 1. Impacto ambiental. 2. Concreto pré-moldado. 3. Emissão de CO2. 4. Otimização. 5. Algoritmo genético. I. Título.

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidato: Engenheiro **ANDRÉ DE ARAÚJO VIEIRA.**

Título da dissertação: "Redução do impacto ambiental das estruturas em concreto pré-moldado através de otimização por algoritmo genético".

Data da defesa: 11/04/2014

Comissão Julgadora:

Resultado:

Profa. Associada **Ana Lucia Homce de Cresce El Debs**
(Orientadora)
(Escola de Engenharia de São Carlos/EESC)

Aprovado

Prof. Dr. **Augusto Teixeira de Albuquerque**
(Universidade Federal do Ceará/UFC)

Aprovado,
participar do debate
por vídeo-conferência

Profa. Dra. **Vanessa Cristina de Castilho**
(Universidade Federal de Uberlândia/UFU)

Aprovado

Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil
(Engenharia de Estruturas):

Profa. Associada **Ana Lucia Homce de Cresce El Debs**

Presidente da Comissão de Pós-Graduação:
Prof. Titular **Denis Vinicius Coury**

*Aos meus pais, José e Edna, e aos
meus irmãos Rafael,
Filipe e Diego.*

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer em primeiro lugar a Deus, que sempre esteve ao meu lado, sempre me guiou, e me ajudou em todos os momentos.

Agradeço também aos meus pais, José Nascimento e Edna Vieira, que sempre prezaram por dar a mim e aos meus irmãos a melhor educação, independente da tempestade. Também por sempre me darem palavras de incentivo, por se preocuparem comigo, me aconselharem em todos os momentos, e por me prepararem para a vida. Agradeço aos meus irmãos, Rafael, Filipe e Diego, que sempre me incentivaram nas minhas empreitadas, e que mesmo distantes, me aconselharam e sempre estiveram presentes.

Agradeço também ao pessoal do Departamento de Engenharia de Estruturas, que são muitos, mas que dou destaque aqui aos grandes amigos que fiz: Arthur; Carlinhos; Emerson; Pablo; Ketson; Nichollas; Marcell; Ricardo; Cleilson; Rafa Niño; Greg e Daniel, que são como se fossem da estruturas; Amós; Matheus; Sérgio; Fernando; Paulo Henrique; Paulo Vitório, Rodrigo Enami. Grandes amigos que vou guardar para a vida toda. A Fred Martins, que se também se tornou um grande amigo, sempre convidando para ‘assar uma carne e tomar uma de leve’, pra relaxar um pouquinho. A galera do mestrado da Hidráulica e Saneamento, de onde também fiz bons amigos. Todos estes sabem o que passamos nestes anos, e ajudaram a tornar os dias mais fáceis. Um agradecimento especial ao amigo Emerson Acácio, que me ajudou bastante na dissertação, sempre com muito boa vontade, e sem pedir nada em troca, e a Banda Cigana, que divertia os churrascos da galera, e tornou os finais de semana muito mais interessantes.

Agradeço ao Engenheiro e amigo Lucas Miranda, e a sua empresa de concreto pré-moldado, a PREFAC, que, com muita paciência e disposição, me ajudou fornecendo informações cruciais para o prosseguimento deste trabalho.

Agradeço também à minha orientadora, a Prof.^a Ana Lúcia Homce de Cresce El Debs, pela sua paciência e serenidade comigo, o que foi muito importante para mim e me ajudou a prosseguir com a dissertação sem traumas. Assim como ao Prof. Mounir Khalil El Debs, pelas dicas e sugestões para tornar o meu trabalho mais rico.

Agradeço aos membros da banca de avaliação deste trabalho, Prof^{as}. Vanessa Castilho e Prof. Augusto Albuquerque, que deram contribuições significativas para finalizar este trabalho e torna-lo mais rico.

Agradeço por fim a CAPES, pelo investimento que fizeram em mim através da bolsa de estudos fornecida, a UFBA, onde fiz minha graduação, e a todos aqueles que sabem que tiveram participações importantes na minha jornada, mas que não foram mencionados aqui.

Muito Obrigado!

*“Não há um homem vivo que não
possa fazer mais do que ele pensa
que pode.”*

Henry Ford

RESUMO

VIEIRA, A. A. **Redução do Impacto Ambiental das Estruturas em Concreto Pré-Moldado Através de Otimização por Algoritmo Genético**. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2014.

Os danos ambientais causados pela construção civil são fonte de preocupação nesta área da engenharia, e reduzi-lo é interesse comum a todos. Pensar em sustentabilidade já na fase de projeto é um modo viável de se reduzir este impacto. A escolha pelo concreto pré-moldado oferece alguns benefícios iniciais quando se compara este ao concreto moldado no local e, dentre estes, estão a racionalização do canteiro de obras, a redução do desperdício e uma melhoria na produtividade. Uma qualidade adicional, que ainda não está tão clara, é a redução do impacto ambiental que se pode ter com o emprego do concreto pré-moldado. A proposta deste trabalho envolve a análise de fatores que influenciam a sustentabilidade ambiental de estruturas de concreto pré-moldado e a aplicação de um algoritmo de otimização para determinação dos valores ótimos que conduzem ao mínimo impacto ambiental. Para isso, optou-se por minimizar as emissões de CO₂, associadas à forma estrutural adotada, à produção, ao transporte e à montagem dos elementos pré-moldados. Estudos de otimização no projeto de estruturas têm usualmente sido utilizados a fim de reduzir custos e, entre as técnicas de otimização utilizadas em engenharia estrutural, os algoritmos genéticos têm sido reconhecidos como uma forte tendência por serem fáceis de implementar e fornecerem excelentes resultados. Com o código de otimização de emissão de CO₂ foram processados diversos exemplos, variando os dados de entrada um a um e, avaliando a influência da variação destes na emissão de CO₂. Considerando um edifício de 30 m x 30 m, uma adição de pavimento representa um acréscimo aproximado de 35% de emissão de CO₂. Para o mesmo prédio, um aumento de 10 m em uma das direções significa aumentar em 30% a emissão de CO₂. Variaram-se também as larguras e alturas máximas das vigas, tamanho de vão mínimo entre pilares, distância da fábrica à obra, cargas atuantes, número de indivíduos da população, número de indivíduos para elitismo, número máximo de gerações, taxa de cruzamento e taxa de mutação. Ao variar estes parâmetros as porcentagens de variação de emissão de CO₂ chegam a valores próximos de 5%. Foi encontrado também um valor de emissão por m³ aproximado de 430 kg/m³. Além disso, a saída de dados do código de otimização de emissão de CO₂ foi comparada com a do código de otimização de custo, e foi constatado que as configurações estruturais apresentadas para um mesmo edifício processado com os dois códigos são semelhantes entre si e semelhantes à solução estrutural utilizada para esta edificação. Também foi constatado que pode se relacionar emissão de CO₂ com custo. Deste modo, foi proposto um fator que relaciona as duas grandezas, chamado Fator Emissão-Custo, ou F_{ec}. Observou-se que o F_{ec} varia com o acréscimo de pavimentos, mostrando que o custo e a emissão de CO₂ são afetados de forma diversa pelo número de pavimentos. Para um edifício de 4 pavimentos o F_{ec} médio encontrado foi de 1,53 kgco₂/R\$. Os resultados encontrados permitiram atestar a validade do método dos algoritmos genéticos à engenharia de estruturas, bem como a importância que o concreto pré-moldado tem para a industrialização da construção civil.

Palavras-chave: *Sustentabilidade, Concreto Pré-Moldado, Emissão de CO₂, Otimização, Algoritmo Genético.*

ABSTRACT

VIEIRA, A. A. **Reducing Environmental Impact of Precast Concrete Structures Through Optimization by Genetic Algorithm.** Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2014.

The environmental impact caused by civil constructions is a source of concern in this area of engineering, and reducing it is a common interest to all. Thinking about sustainability already in the design phase is a feasible way to reduce this impact. The choice for precast concrete offers some initial benefits when compared to the cast- on-site concrete and, among these, are streamlining the construction site, reducing waste and improving productivity. An additional quality, which is not yet so clear, is to reduce the environmental impact that one can have when using precast concrete. The purpose of this work is to develop a method of optimization of the elements of precast concrete structures in relation to the sustainability of the product. To do so, it is proposed to minimize the CO₂ emission associated to the structural solution, production, transportation and assembly of precast concrete. Studies on optimization design of structures have been commonly used to reduce costs and, among the optimization techniques in structural engineering, genetic algorithms have been recognized as a strong trend for being easy to implement and providing excellent results. With the CO₂ emission code were processed several examples, varying the input data one by one, then was assessed the influence of each variation on CO₂ emission. Considering one building with the size 30 m x 30 m, each floor added represents an approximated increase about 35% on CO₂ emission. For the same building one increase of 10 m on each direction means add 30% on CO₂ emission. Was varied on the code the maximum heights and widths of the beam, the minimum span between pillars, distance from the building to the factory, loads acting, maximum population individuals number, number of individuals to elitism, maximum generation number, outcrossing rate and mutation rate. Varying these parameters, the variation's percentage of CO₂ emission reaches values next to 5%. Was found too an approximated value to CO₂ emission per m³ as about 430 Kg/m³. Furthermore, the CO₂ emission optimization code data output was compared with the cost optimization code data output, and it was verified that the structural configuration presented on outputs was similar between them both and similar with the real structural solution used on this building. It was verified too that the CO₂ emission and cost could be related. On this way was proposed a factor which relates the two quantities called Emission-Cost Factor, or F_{ec} . It was noticed that F_{ec} varies when floors are added, which means that the cost does not vary at the same way that the CO₂ emission does when the number of floors are changed. For a building with 4 floors the medium value of F_{ec} was found 1,53 kgco₂/R\$. The results permitted attest the validity of using genetic algorithms in structural engineering, as well as highlighting the precast concrete contribution on the industrialization of civil construction.

Keywords: *Sustainability, Precast Concrete, CO₂ Emission, Optimization, Genetic Algorithm.*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
1.1 APRESENTAÇÃO DOS TEMAS	1
1.2 OBJETIVOS	3
1.3 JUSTIFICATIVA	3
1.4 METODOLOGIA	4
1.5 CONTEÚDO DO TRABALHO	4
2 SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	7
2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	7
2.2 DISCUSSÃO DA REVISÃO	12
3 OTIMIZAÇÃO ESTRUTURAL	19
3.1 INTRODUÇÃO	19
3.2 OTIMIZAÇÃO	22
3.2.1 <i>Métodos Determinísticos</i>	24
3.2.2 <i>Métodos Probabilísticos</i>	26
3.3 ALGORITMOS GENÉTICOS	29
3.3.1 <i>Codificação Binária</i>	33
3.3.2 <i>SELEÇÃO</i>	34
3.3.3 <i>Operadores genéticos</i>	37
3.4 PESQUISAS ATUAIS COM ALGORITMOS GENÉTICOS.....	41
3.5 DISCUSSÃO DA REVISÃO	42
4 APRESENTAÇÃO DO PROGRAMA.....	45
4.1 ESCOLHA DO SISTEMA ESTRUTURAL	45
4.1.1 <i>Lajes</i>	47
4.1.2 <i>Vigas</i>	49
4.1.3 <i>Pilares</i>	51

4.1.4 Diretrizes do Código	51
4.1.5 Restrições	52
4.1.6 Dados de entrada	54
4.2 ROTINA DO PROGRAMA.....	55
4.3 SUSTENTABILIDADE INTRODUZIDA AO PROGRAMA	56
4.3.1 Avaliação do Processo Produtivo do Concreto Pré-Moldado ...	57
4.3.2 Valores de Emissão de CO ₂	60
4.3.3 Saída de dados.....	64
5 AVALIAÇÃO DE EXEMPLOS NO PROGRAMA	67
5.1 EXEMPLOS PROCESSADOS	67
5.2 COMPARAÇÃO COM A FUNÇÃO CUSTO	96
5.3 FATOR EMISSÃO-CUSTO	101
6 CONCLUSÕES.....	107
6.1 PESQUISAS FUTURAS	109
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	111



1 INTRODUÇÃO

1.1 APRESENTAÇÃO DOS TEMAS

Por razões diversas, a construção civil no Brasil tem como solução usual a utilização do concreto armado nas estruturas. Ao longo dos anos, a tecnologia do material evoluiu, as aplicações se ampliaram, e com isso acentuou-se também o impacto da construção civil no meio ambiente. Os materiais componentes do concreto, os métodos de execução, o transporte, a fôrma, o lançamento, o escoramento e a execução de armadura, entre outros, seja do concreto moldado no local ou o pré-moldado, vêm se alterando. Com isso, novas questões foram sendo colocadas, como é o caso da preocupação com o meio-ambiente que criou a demanda pela redução do impacto ambiental gerado pela construção civil.

Estudos têm sido realizados nos centros de pesquisas do mundo todo com a finalidade de ampliar a sustentabilidade da construção civil, como exemplo disto têm-se Chen et al. (2010), Paya-Zaforteza et al. (2009) e Pons e Wadel (2011). Como ainda é utópico reduzir o impacto ambiental das construções a zero, é de grande importância que se possa reduzi-lo ao máximo, sem que seja prejudicada, por exemplo, a funcionalidade da estrutura. O concreto pré-moldado se mostra um material com grande potencial para que se possa avançar nesta questão, por ser produzido numa linha de montagem, com certo padrão de execução e controle de qualidade, reduzindo assim os desperdícios e aumentando a eficiência.

O concreto moldado no local sempre foi muito bem empregado na execução de obras no Brasil. Alguns dos motivos para essa escolha são: exigir uma mão de obra menos qualificada; falta de conhecimento, por parte dos administradores, das vantagens do concreto pré-moldado; ou até o simples fato de não ser desejada uma agilidade maior na produtividade, para que o custo referente à execução da estrutura seja diluído num certo período de tempo. O concreto pré-moldado apresenta vantagens em relação ao moldado no local que devem ser analisadas na avaliação custo-benefício da estrutura, como agilidade da produção, melhor aproveitamento e organização do canteiro de obras, controle de qualidade mais rigoroso, entre



outros. Apesar de o cenário estar mudando, grande parte das obras atualmente em curso optam pelo concreto moldado no local, por avaliar apenas o custo direto da estrutura. Porém, acredita-se que, assim como ocorreu em outras nações desenvolvidas, para se evoluir no mercado será necessário reduzir o uso de mão de obra e padronizar os processos o máximo possível, o que, em relação à estrutura, poderá ser alcançado com o uso do concreto pré-moldado.

Como citado anteriormente, não há só controle de qualidade, mas também certa padronização em grande parte das obras que utilizam o concreto pré-moldado, favorecendo a racionalização do processo construtivo e do consumo de materiais. Em estudo sobre a otimização de custos focado em um edifício de concreto pré-moldado, Albuquerque (2007) produziu um código computacional com base nos algoritmos genéticos tomado como ponto de partida para este trabalho.

O algoritmo genético é um método de otimização que tem como ideia inicial a teoria evolutiva de Charles Darwin, e sua metodologia envolve a determinação de indivíduos com e sem potencial para prosseguirem na cadeia evolutiva. É um método heurístico, que não utiliza uma matemática aprofundada, e baseia-se em constatações de fenômenos naturais, apresentando ótimos resultados.

Isto pode ser aplicado ao concreto ao se desenvolver um banco de dados onde haja uma população de soluções (o catálogo de peças que uma determinada fábrica produz, por exemplo), que dentre estas, sejam priorizadas, através de um processo iterativo por penalização das soluções, aquelas que melhor atendam aos critérios estabelecidos. Com relação ao impacto ambiental, pode ser aplicado o mesmo raciocínio, com a imposição de condições de sustentabilidade que limitem as soluções que possam seguir adiante.

Como um dos temas em foco atualmente no mundo é o desenvolvimento sustentável, é de grande interesse que haja o máximo de controle possível sobre a poluição gerada pelas atividades desenvolvidas pela indústria da construção civil, considerada pouco evoluída com relação ao assunto. Reduzir a utilização de material poluente, reutilizar resíduos gerados, minimizar distâncias de transporte, modificar combustíveis utilizados, são soluções potenciais que vêm sendo estudadas há algum tempo com a preocupação do impacto ambiental gerado. Com a utilização do concreto pré-moldado nas estruturas de edifícios, consegue-se tirar proveito das características positivas do material em vários dos aspectos citados, como a racionalização do consumo e a redução dos resíduos produzidos.



Com este estudo, pretende-se desenvolver uma ferramenta de apoio ao projetista, para permitir que possam ser feitas escolhas baseadas não só no desempenho econômico e estrutural da estrutura, mas também na maior sustentabilidade do produto proposto, tornando a construção em concreto pré-moldado mais atraente aos olhos do mercado.

1.2 OBJETIVOS

A meta principal deste trabalho é contribuir com os estudos que visam a redução do impacto ambiental da construção civil, mais especificamente daquele gerado nas etapas construtivas que envolvem o concreto pré-moldado como solução. Para isso, propõe-se efetuar uma análise de otimização utilizando algoritmos genéticos, que tenha como função objetivo minimizar os danos ao ambiente, decorrentes do uso de concreto pré-moldado nas construções. O ponto de partida do código do presente trabalho é um programa computacional, apresentado por Albuquerque (2007), que faz otimização de custos de um edifício em concreto pré-moldado, valendo-se da mesma técnica.

1.3 JUSTIFICATIVA

A justificativa para este estudo se insere na ampla preocupação que a sociedade atual tem com o meio ambiente, aspecto que ganha cada vez mais espaço no cenário atual da construção civil. Além disso, busca-se também o aperfeiçoamento de uma solução estrutural que é largamente utilizada em países mais desenvolvidos, que é o concreto pré-moldado. Este material vem se mostrando, não só no Brasil, uma tendência de solução para todo tipo de obra devido às vantagens inerentes ao processo construtivo em si, cuja aplicação implica em racionalização dos canteiros e redução de resíduos. Desenvolver um programa que possa reduzir o impacto ambiental do concreto pré-moldado, através de um método de otimização de fácil aplicação e entendimento, é de extrema valia para que a construção civil do país possa caminhar para um futuro onde o desenvolvimento ocorra sem penalização da economia e da funcionalidade da estrutura.



1.4 METODOLOGIA

Primeiramente é feita uma ampla revisão bibliográfica com a finalidade de se coletar informações e avaliar o estado atual da pesquisa no tema. Destaca-se que a pesquisa proposta envolve diversas áreas do conhecimento, tais como o impacto ambiental causado pela construção civil e as várias formas de medi-lo, a otimização estrutural via algoritmos genéticos e o processo de produção e construção de estruturas em concreto pré-moldado. Com esse conhecimento, é possível determinar as principais variáveis envolvidas no problema e a melhor forma de considerá-las para atender aos objetivos propostos neste trabalho. Posteriormente se fez um estudo do programa desenvolvido por Albuquerque (2007) para que se conhecesse a ferramenta a ser trabalhada e complementada, de modo que sua utilização se fizesse da melhor forma possível. Em seguida, é feita a complementação do programa com o auxílio da linguagem de programação computacional FORTRAN para o cumprimento dos objetivos propostos. O programa foi então testado e refinado para correção de quaisquer erros possíveis, sendo então utilizada para obtenção das soluções estruturais com mínima emissão de CO₂.

1.5 CONTEÚDO DO TRABALHO

Este trabalho se divide de acordo com os temas que o compõem. Primeiramente é abordado o tema sustentabilidade, sendo apresentada uma revisão bibliográfica para avaliação do estado atual das pesquisas no tema. Após, trata-se do tema otimização, onde se foca especificamente o método de otimização dos algoritmos genéticos.

Em seguida, é feita a apresentação do programa desenvolvido, mostrando como está estruturado e quais as principais variáveis envolvidas nesta programação. São apresentadas as estruturas analisadas, à medida que é feita uma avaliação dos resultados obtidos.

Seguindo o trabalho é feita uma comparação com a função custo de Albuquerque (2007), onde são processados exemplos citados nesta referência, para averiguar se a configuração estrutural oferecida na saída de dados do código é semelhante nas duas funções, custo e emissão de CO₂.



Concluindo as análises é sugerido um fator, derivado da comparação entre custo e emissão de CO₂. Este fator permite encontrar o valor de emissão de CO₂ de um edifício em concreto pré-moldado, que tenha as mesmas definições estabelecidas neste trabalho, bastando apenas multiplicar o custo da estrutura pelo valor do fator.

Com base nos resultados obtidos, são então delineadas e apresentadas as conclusões do trabalho, bem como as perspectivas futuras para pesquisas na área.

Finalmente, são colocadas as referências bibliográficas utilizadas.

Adicionalmente, apresenta-se um apêndice com tabelas geradas a partir de processamentos com o código do presente trabalho e com o código apresentado por Albuquerque (2007).

2 SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL

2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este é um tema que está recentemente em foco, se for observado o tempo da construção civil no Brasil. A fiscalização ambiental tem atuado de modo incisivo com o intuito de regularizar e padronizar determinados tipos de serviços e condutas. Já no ano de 1986, o CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) tornou pública a RESOLUÇÃO CONAMA nº 1, publicada no DOU (Diário Oficial da União), de 17 de fevereiro de 1986, que já descrevia o que seria considerado impacto ambiental:

Art. 1º Para efeito desta Resolução, considera-se impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam:

I - a saúde, a segurança e o bem-estar da população;

II - as atividades sociais e econômicas;

III - a biota;

IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;

V - a qualidade dos recursos ambientais.

Na construção civil há diversos fatores que se enquadram como impactantes ao ambiente, por exemplo, o consumo de cimento, que quanto maior, mais impactante. Na produção de cimento há a liberação de CO₂, que é prejudicial ao ambiente.

Pesquisas ao redor do mundo estão sendo realizadas para avaliar a sustentabilidade nos ramos da engenharia, principalmente na engenharia de estruturas. Associado a sustentabilidade está a adoção da técnica de otimização dos algoritmos genéticos, que, juntas, formam o objetivo principal de reduzir o impacto ambiental em diversos tipos de situações. É interessante que se consiga tornar a sustentabilidade palpável, no sentido de se conseguir quantificar o impacto gerado no ambiente por cada atividade, para que se possa exercer um



controle mais direto. Tendo isso em vista, pesquisadores buscam estabelecer índices, por exemplo, ou então relacionar quantidade de material com poluição do ambiente, para alcançar de algum modo a transformação do impacto ambiental em números. Algumas pesquisas são apresentadas adiante para mostrar o que está sendo feito ultimamente.

Paya-Zaforteza et al. (2009) descrevem uma metodologia para projetar estruturas de concreto armado baseada na mínima emissão de CO₂ através de otimização por algoritmo de reprodução simulado (*Simulated Annealing*). Os resultados obtidos mostram que a emissão de CO₂ e o custo da estrutura estão intimamente relacionados e, que a escolha por uma solução sustentável é próxima, em termos de custo, de uma solução mais barata. Afirma-se que a solução menos impactante ao ambiente é apenas 2,77% mais cara do que a solução de melhor custo, porém esta solução de melhor custo incrementa 3,8% de lançamento de CO₂ ao ambiente.

Chen et al. (2010) desenvolveram 33 critérios de performance sustentável (*SPC – Sustainable Performance Criteria*), baseado em quesitos de sustentabilidade e requerimentos de diferentes partes interessadas do projeto, incluindo clientes, projetistas engenheiros, fabricantes de concreto pré-moldado, contratadores.

A análise em Chen et al. (2010) mostra que os SPCs podem ser divididos em sete pontos, distribuídos da seguinte forma: a)Fatores Econômicos: custo a longo prazo; constructabilidade (*constructability*); qualidade; custos primários; b)Fatores Sociais: impactos na saúde e na comunidade; impacto arquitetônico; c)Fatores Ambientais: impacto ambiental. Foi classificada em alta, média-alta e média a importância dos critérios para escolha do método construtivo. Na alta importância, em ordem decrescente, estão cinco critérios, dentre os 33: tempo de construção; custos iniciais da construção; constructabilidade; custo dos materiais; e um último chamado de *lead-times*. Quatro critérios foram categorizados como médio. Na categoria média-alto, os critérios de sustentabilidade e social assumiram grande porcentagem.

Já em Lombera e Aprea (2010), é apresentado um modelo para avaliar a sustentabilidade, chamado MIVES (*Integrated Value Model for Sustainable Assessment*), focando especificamente em construções industriais. É relatado que a indústria da construção consome cerca de 60% de toda a matéria prima extraída da terra e que, adiante, a transformação desse material gera, grosseiramente, 50% de toda a emissão de CO₂ na



atmosfera. São definidos critérios de sustentabilidade para construções industriais, e sugere-se um índice de sustentabilidade para um caso específico.

O MIVES utiliza alguns fatores para estabelecer como critério de sustentabilidade que são: localização; materiais; energia; consumo de água; geração de resíduos; etc. Os critérios sociais, econômicos, técnicos e ambientais estão todos voltados para o objetivo de sustentabilidade, e são avaliados em seis estudos de caso. O trabalho conseguiu desenvolver os índices propostos e apresentou um importante método para avaliação da sustentabilidade nas construções industriais.

Ainda em 2010, no *Construction Research Congress (2010)*, é exposta uma metodologia para estimar a “pegada de carbono” gerada durante o processo construtivo de um túnel. É feito um estudo de caso utilizando esta metodologia e comparado com a construção de uma edificação. Do trabalho foi observado que a emissão de carbono da construção de um túnel é aproximadamente duas vezes maior do que a de uma construção usual em concreto de um edifício comercial com 8760 m² (Guggemos and Horvath, 2006), e quatro vezes maior do que a da construção de uma casa residencial simples (Sharrard et al., 2008).

No ano seguinte Pons e Wadel (2011) estudam o impacto ambiental de escolas pré-moldadas na Catalunha, Espanha. Os autores procuram avaliar qual a influência da utilização do pré-moldado em escolas na Catalunha, já que a utilização desta solução tem sido prática comum na região estudada.

De acordo com o trabalho de Pons e Wadel (2011), o processo construtivo consome 32% de energia, principalmente a não renovável. Além disso, produz 30% do efeito estufa da emissão de CO₂ e utiliza 24% da extração de material da crosta terrestre. Com o estudo realizado chega-se a conclusão que é possível reduzir o consumo de energia e material, a emissão de CO₂, entre outros, em algo próximo de 50%. Observa-se também que durante o período da construção, a geração de resíduos pode ser diminuída em 60% usando a tecnologia de pré-fabricados modulares. Além disso, os autores constataram que a emissão de CO₂, em construções de escolas, durante a extração e fabricação de materiais é igual ou maior à do período de utilização.

Kawai (2011) trata da avaliação do impacto ambiental gerado pelo concreto e estruturas de concreto. Ele descreve brevemente o método de projeto com base no desempenho

ambiental preparado pela *Fib Commission 3 TG3.6* e apresenta um exemplo de aplicação do procedimento numa estrutura de concreto.

Como cita Kawai (2011), este método foi emitido como *fib Bulletin 47* em 2008 e possui uma sequência de 10 capítulos que podem ser apresentados como um fluxograma, excluindo os três primeiros, que são de descrições e definições, que é apresentado a seguir. Já na fase inicial de resumo do empreendimento com o cliente começam a serem considerados os aspectos ambientais, como pode ser visto na Figura 2.1.

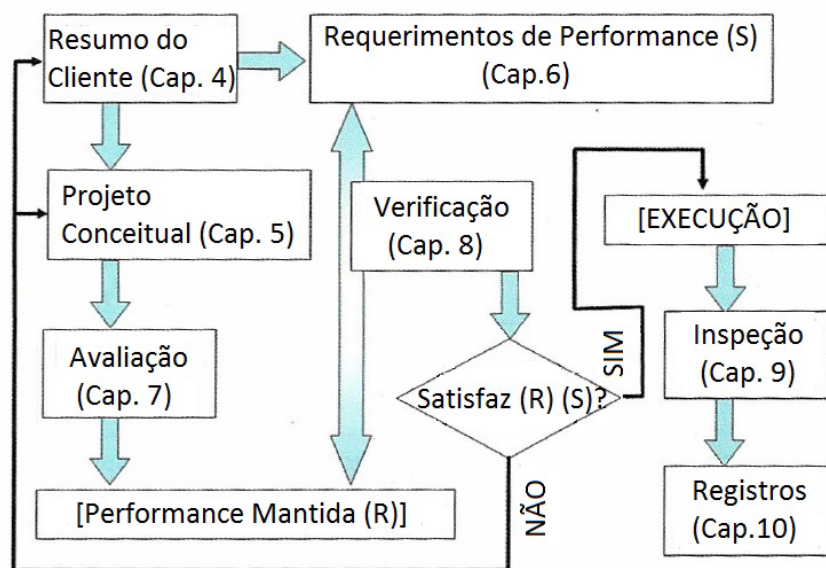


Figura 2.1 – Fluxograma relacionando os capítulos do método emitido pela *Fib Bulletin 47*. Fonte: KAWAI (2011) (Adaptada).

Fujiki e Kawai [20--] usando um método denominado LIME (*Life cycle Impact assessment Method based on Endpoint Modeling*), avaliam o impacto ambiental da construção de caixas de bueiros e paredes de contenção, com o objetivo de aferir se a performance ambiental de um produto de concreto pré-moldado pode ser avaliada quantitativamente.

Com auxílio da LIME, Fujiki e Kawai [20--] avaliam o impacto ambiental dos dois tipos de estrutura, examinando o consumo de óleo, carvão e recursos de ferro e, a emissão de CO₂, SO_x, NO_x e resíduos do produto citado. Para a caixa de bueiro variou-se o estudo em três casos, 1A, 1B e 1C, descritos na ordem citada: com o concreto moldado no local; com o concreto pré-moldado e um método convencional de aplicação; com o concreto moldado no local, porém com um método de rolamento, onde as peças são movidas no chão com uma bola



de rolamento. Para a parede de contenção foram analisados dois casos, 2A e 2B: com concreto moldado no local; com utilização de blocos vazados preenchidos com sobras de solo.

Chegou-se à conclusão que o impacto ambiental das caixas de bueiro, calculado com o LIME, é menor para o caso 1C, sendo 25% inferior ao caso 1A e 11% inferior ao caso 1B. Para as paredes de contenção, foi constatado que o caso 2B produz impacto ambiental 30% menor quando comparado ao caso 2A.

No *Structures Congress* (2011) são descritos os aspectos das construções de concreto que contribuem para construções sustentáveis. O trabalho se refere ao sistema LEED-NC (*Leadership in Energy and Environmental Design Green Buildings Rating System for New Construction and Major Renovation*). O LEED é utilizado para certificar “construções verdes” e, utiliza cinco categorias para isso: Planejamento local e utilização sustentável; Economia e conservação de água; Conservação de energia e proteção da atmosfera; Uso eficiente de materiais e conservação de recursos; Proteção da qualidade do ambiente interno.

Observa-se também que preencher com desenvolvimento locais desocupados é um modo de reduzir a necessidade de infraestrutura, como estradas e esgotos, porém com o cuidado para as utilizações anteriores do local, como estações de gás, o que pode gerar mais custo monetário e ambiental. Observou-se ainda a importância de reutilização de materiais, bem como a otimização dos materiais poluentes dos sistemas utilizados.

Em Del Caño et al. (2012) apresenta-se um modelo de avaliação de sustentabilidade baseado em árvores de requerimento, análise de valores, no processo analítico hierárquico, e a técnica de simulação de Monte Carlo. Foram integrados no trabalho o já mencionado método, MIVES, a norma espanhola de concreto armado (*Instrucción Española del Hormigón Estructural EHE-08*), e a técnica de Monte Carlo.

Yepes et al. (2012) procuram otimizar o custo e a emissão de gás carbônico associada a uma parede de contenção em concreto armado, usando um algoritmo de otimização, construído a partir de um método, VNS (*Variable Neighborhood Search*), com uma estratégia de aceitação limite. Com variáveis relacionadas à forma geométrica, ao material e à armação instalada, chegou-se à conclusão que custo e a emissão associada de carbono da peça estão fortemente relacionados e, que soluções mais sustentáveis em lugar de mais baratas incrementam apenas um valor de 1,28% no custo da estrutura. Além disso, o autor notou que



otimizar o custo da estrutura em 1 Euro significa uma redução de 2,28% kg na emissão de CO₂.

No Brasil, as obras vêm tentando se adaptar às exigências dos órgãos fiscalizadores, diminuindo a quantidade de resíduos, reaproveitando materiais, não utilizando materiais prejudiciais à saúde, entre outras soluções. Porém ainda há muito a melhorar neste aspecto, e, como foi visto, este tema tem tomado espaço nas áreas de pesquisa.

Como o concreto pré-moldado é um material que se pode chamar de industrializado, fica mais fácil analisar a rotina de produção e instalação do produto a fim de reduzir o seu impacto ambiental. Estudos já foram feitos em obras que utilizaram o concreto pré-moldado para melhorar a gestão dos resíduos gerados não só pelo concreto, mas pela obra como um todo. Um exemplo atual disso é fornecido em Martins (2012), que estuda a gestão de resíduos em dois estádios em construção para a copa do mundo de futebol de 2014, a Arena Fonte Nova, na Bahia e a Arena Pernambuco, em Pernambuco.

O presente trabalho pretende abordar os temas acima, pois existem poucos estudos sobre a avaliação da sustentabilidade de obras em estruturas de concreto pré-moldado. Utilizando a padronização da produção de pré-moldado e a otimização por algoritmo genético ficará mais fácil reduzir o impacto ambiental gerado pela solução.

2.2 DISCUSSÃO DA REVISÃO

Pela revisão pôde-se notar que a busca pela sustentabilidade está sendo cada vez mais associada às técnicas de programação computacionais. Buscar a redução de impacto ambiental de um modo geral através de alternativas diversas demonstra a preocupação que se tem relacionada ao tema, além de ser um passo adiante na busca pelo desenvolvimento sustentável.

Dentre os meios de se alcançar a sustentabilidade, está reduzir a quantidade de resíduos gerados, diminuir o máximo possível o consumo e desperdício de água e energia, reutilizar materiais, substituir materiais por outros mais sustentáveis, etc. Entre todos os objetivos citados nos trabalhos, um que se destacou foi a redução da emissão de CO₂, que é o maior vilão dos gases que provocam o efeito estufa e o aquecimento global, de acordo com Mehta e Monteiro (2008).



Grande parte dos trabalhos avaliou a emissão de CO₂ em determinadas situações de obras, e ressalta-se aqui que a emissão está presente também nas etapas anteriores às da obra. A emissão de gás carbônico está presente na produção do cimento, no transporte de cargas para as obras, na montagem das estruturas, entre outros.

De acordo com Mehta e Monteiro (2008), o aumento da concentração de CO₂ na atmosfera terrestre crescerá de modo exponencial e insustentável ao longo do século 21, baseado numa estimativa de crescimento populacional de 6 a 9 bilhões e num crescimento correspondente no desenvolvimento industrial e urbanização, como pode ser visto na Figura 2.2 a seguir.

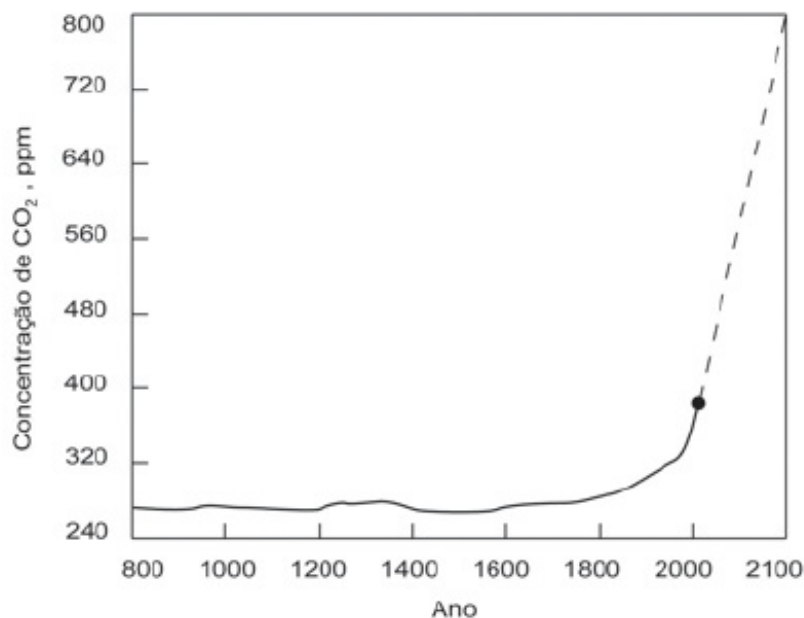


Figura 2.2 – Concentrações de CO₂ na atmosfera até o presente, e numa projeção futura. Fonte: METHA e MONTEIRO (2008).

Damineli et. al. (2010) defende que medidas para redução da emissão de CO₂, referente à produção do clinker, podem ser a substituição do clinker por misturas minerais como pozolanas e escória de alto forno, aumento da eficiência energética dos processos produtivos e adoção de combustíveis alternativos. Além destas medidas, há outras que também podem ser adotadas para uma prática sustentável da produção do concreto, também citadas em Damineli et. al. (2010). Verifica-se aqui a importância da adoção de políticas “verdes” por cada setor da construção civil para redução dessa emissão de CO₂ que se projeta na Figura 2.2.

Helene (2013) apresenta um gráfico mostrando a utilização do cimento pelo mundo em 2010, Figura 2.3.

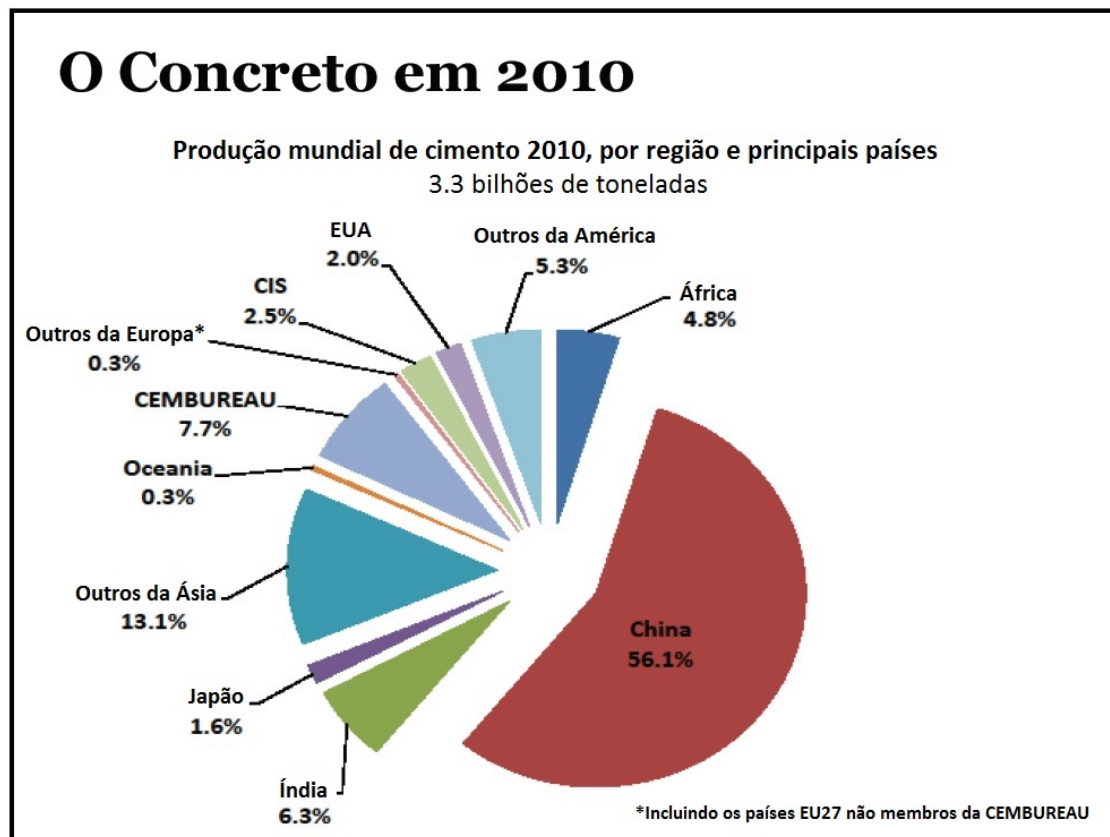


Figura 2.3 – Produção Mundial de cimento. Fonte: HELENE (2013) (Adaptada).

Com exclusão de Tóquio, Osaka, Nova Iorque e Los Angeles, todas as outras cidades que tem uma população maior que 10 milhões de habitantes estão nos países em desenvolvimento, o que significa uma demanda de infraestrutura e conseqüentemente um aumento na emissão de CO₂ referente à produção do concreto (METHA e MONTEIRO, 2008). Se forem adotadas práticas sustentáveis na indústria da construção civil, estima-se que o custo ambiental desta diminua, no que se refere à emissão de CO₂, a partir de 2050. Isso pode ser visto na Figura 2.4.

De acordo com *United States Green Concrete Council* (2010), para cada tonelada de cimento produzido, aproximadamente 1 tonelada de CO₂ é emitida (900 kg). Aproximadamente metade disso se deve ao processo do calcário no forno, a outra metade ou 1/3 à energia utilizada no forno, e o restante vem do uso da eletricidade, transporte, e durante o processo produtivo. Mehta e Monteiro (2008), afirmam também que uma tonelada de clinker de cimento Portland produzido gera perto de uma tonelada de CO₂ emitido à atmosfera, e que o cimento Portland comum, ou puro, contém 95% de clinker de cimento Portland e 5% de gipsita.

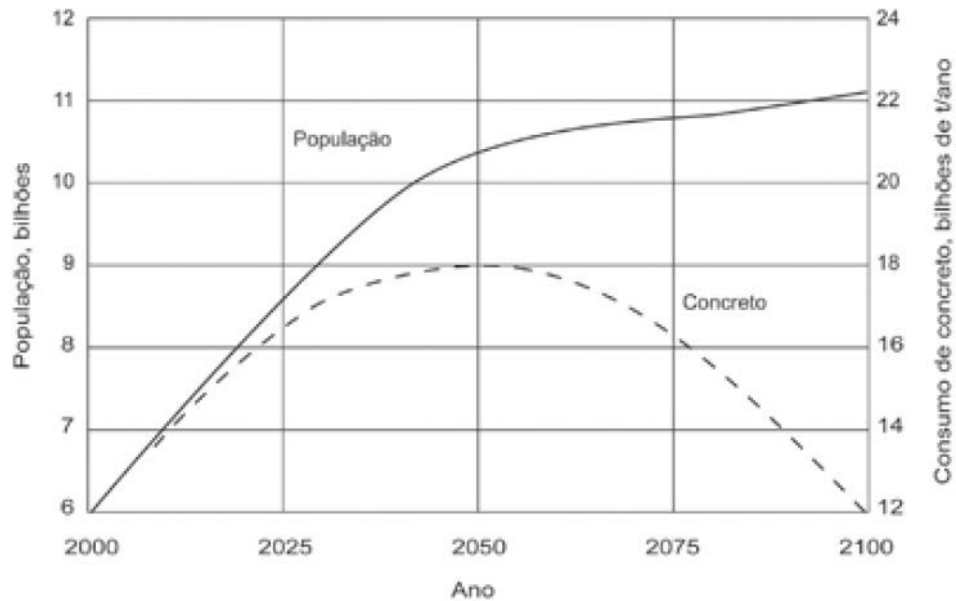


Figura 2.4 – Previsão da variação da população e consumo de concreto. Fonte: METHA e MONTEIRO (2008).

Segundo o *American Institute of Steel Construction* (2013), na produção do aço estrutural, para cada tonelada de aço produzido, algo em torno de 0,73 e 0,89 toneladas de CO₂ é emitido à atmosfera.

Segundo a Empresa de Pesquisa Energética [20--], no transporte de cargas, o que inclui a do pré-moldado, onde existem basicamente dois tipos de carreta transportadora, a emissão pela queima do diesel fica em torno de 2,7 kg_{CO₂}/(litro de diesel). Como os caminhões tem desempenhos diferentes e as composições dos combustíveis variam um em relação ao outro, os valores finais dependem das características do transporte.

Como dito anteriormente, a busca pela sustentabilidade atua também nas etapas anteriores às da obra, e estes pontos citados acima são exemplos disto. Acima foram apresentados alguns valores que contribuem para tornar a sustentabilidade palpável, e num ponto importante que é a emissão de CO₂. Com estes valores, por exemplo, é possível otimizar diversos pontos de todo processo ligado ao concreto pré-moldado, o que será discutido no decorrer deste trabalho.

Foram citados anteriormente alguns dos fatos da emissão de CO₂ que preocupam a humanidade, entretanto políticas sustentáveis estão sendo adotadas na tentativa de conter e reduzir esta agressividade ambiental. Helene (2013) mencionou na sua palestra algumas normas, internacionais, que foram criadas com este intuito:



- *ACI Committee 130. Sustainability of Concrete;*
- *U.S. Green Concrete Council. Sustainable Concrete Guide. Strategies and Examples. Applications;*
- *ISO TC 59/SC 17. Sustainability in Building and Civil Engineering Works;*
- *ISO 21929-2: Sustainability Indicators (energy, materials, water and land);*
- *ISO TC 207. Environmental Management;*
- *EN 15804:2012 - Core rules for the product category.*

Além disso, Helene (2013) também cita pontos discutidos no “*ACI Concrete Sustainability Forum V*” que contribuem para o desenvolvimento sustentável da utilização do concreto, que são apresentados a seguir:

1. Recentemente está introduzindo critérios de projeto para sustentabilidade. Considera primordial: segurança; desempenho e durabilidade antes de sustentabilidade;
2. Aperfeiçoamento dos métodos de dosagem com misturas bem compactas a partir de distribuições granulométricas;
3. Uso de agregados reciclados, aditivos redutores de água e adição de sílica e metacaulimHP;
4. Introdução de cimento com 15% calcário moído - ASTM C 595 e CSA A3000;
5. Reativar os conceitos holísticos de sustentabilidade que incluem ambiente (CO₂, matérias primas e energia), crescimento econômico, economia e aspectos sociais (saúde, conforto, mobilidade);
6. Projetar e construir estruturas de alto desempenho;
7. Projetar e construir infraestrutura robusta e resiliente;
8. Desenvolver a industrialização.

Helene (2013) também apresenta a EPD (*Environmental Product Declaration*), que é uma certificação que visa apoiar a oferta e demanda de produtos e serviços que busquem a sustentabilidade da construção civil, através da divulgação de dados precisos referentes a sustentabilidade. A EPD está de acordo com a norma *ISO14025:2010*.

Para uma certificação do EPD é necessário fazer o estudo do LCA (*Life Cycle Assessment*) do objeto em questão, que é a avaliação do ciclo de vida inteiro do produto,



desde a extração da matéria prima dos produtos de sua composição até a sua deterioração completa, para saber como este produto afeta o ambiente.

Esta sigla e muitas outras vêm sendo utilizadas quando o assunto é sustentabilidade, Helene (2013) cita algumas delas:

- *LCA - Life Cycle Assessment;*
- *LCI - Life Cycle Inventory Analysis;*
- *RSL - Reference Service Life;*
- *EPD - Environmental Product Declaration;*
- *PCR - Product Category Rules;*
- *LCIA - Life Cycle Impact Assessment;*
- *ESL - Estimated Service Life;*
- *EPDB - Energy Performance of Buildings Directive.*

Uma que merece destaque neste trabalho é a LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*), que inclusive é citada no *Structures Congress* (2011). O LEED é uma certificação para edifícios sustentáveis, cada prática, ou produto sustentável, que se utiliza na obra é pontuada de acordo com critérios de sustentabilidade estabelecidos, e esta pontuação varia de 1 a 110. De acordo com Helene (2013), a obra pode ter a seguinte classificação:

Certified – 40 a 49 créditos;

Silver – 50 a 59 créditos;

Gold – 60 a 79 créditos;

Platinum – 80 a 110 créditos.

Esta certificação foi criada, e é concedida, pela ONG norte-americana USGBC (*U.S. Green Building Council*), que também tem sua representação no Brasil, através da *Green Building Council Brazil* (HELENE, 2013).

A estrutura consegue contribuir com uma pontuação muito baixa para esta certificação, no máximo com 5 pontos, como mostra Helene (2013):

- *Credit 1.1 - Innovation and Design*, desde que $cimento \leq 0,6 * C$



- *Credit 4.1 - Recycled Content, 10%* (um ponto)
- *Credit 4.2 - Recycled Content, 20%* (dois pontos)
- *Credit 5.1 e 5.2 - Materials and Resources category*, se materiais usados na mistura forem extraídos ou produzidos a 500 milhas da obra (um ponto para 10% e dois pontos para 20%)

Isso se deve ao fato de existirem outros pontos nos demais produtos e serviços que pesam na sustentabilidade mais do que os do concreto. Entretanto, isso não diminui a importância de melhorar a estrutura em termos de sustentabilidade, já que esta certificação avalia uma única estrutura. Se forem consideradas todas as estruturas existentes em construção e a serem construídas no mundo, o peso que o concreto tem no impacto ambiental ganha grandes proporções.

Como se pode perceber pela análise das publicações abordando o impacto das construções civis sobre o ambiente, sustentabilidade já é um tema relevante, e a comunidade científica está buscando formas viáveis de responder aos anseios da sociedade por uma evolução no setor.

A emissão de CO₂ se mostrou nas pesquisas em destaque sobre outros fatores impactantes ao ambiente, principalmente nas estruturas de edificações, onde a produção dos materiais componentes gera muita emissão de CO₂. Já que esta se mostrou uma variável em destaque, foi dado foco a otimização dela no presente trabalho.

A seguir será abordado o tema otimização, para posterior encaminhamento para o tipo de otimização abordado neste trabalho que é o método dos algoritmos genéticos.



3 OTIMIZAÇÃO ESTRUTURAL

3.1 INTRODUÇÃO

A industrialização do canteiro de obra caminha ainda lentamente para um futuro onde se possa chamar a construção civil de uma indústria de fato, onde processos repetitivos sejam automatizados de modo a gerar o mínimo de desperdício, o mínimo de resíduos, e reduzir o tempo do processo produtivo. Hoje em dia já são fabricados “pallets” de blocos cerâmicos de vedação, por exemplo, para melhorar as condições de transporte para o local de assentamento, e reduzir a perda e a quantidade de resíduos. O uso do concreto pré-moldado também contribui para a industrialização da construção civil, funcionando como uma linha de montagem, onde as peças são executadas em um local diferente da utilização.

A principal característica do concreto pré-moldado, como o próprio nome diz, é ser moldado previamente, o que ocorre, geralmente, em um local diferente da obra. Isso implica em etapas intermediárias que não acontecem com o concreto moldado no local, como a fase da confecção na fábrica, a inspeção rigorosa pelo controle de qualidade, o transporte das peças, o içamento destas ao local de utilização e as ligações entre elas.

Em cada etapa dessas pode haver um ponto onde a otimização pode atuar com a finalidade de reduzir o impacto ambiental do processo produtivo. Visto que o controle de qualidade é maior no concreto pré-moldado, consegue-se reduzir a quantidade de material poluente utilizado, dentro de comparações entre sistemas pré-fabricados: como o consumo de cimento, ou utilizar adições e aditivos, como também podem ser utilizadas as mesmas fôrmas, conseguindo assim reduzir o dano ambiental.

De acordo com El Debs (2000) o campo de aplicação do concreto pré-moldado é amplo, a exemplo de edificações, construções pesadas e outras obras como as de infraestrutura urbana, tais quais pontes de pequeno e médio porte, canais, muros de arrimo, galerias e reservatórios de água. Na Figura 3.1 são apresentados alguns tipos de estruturas onde o concreto pré-moldado pode atuar. As figuras foram extraídas da mesma referência.

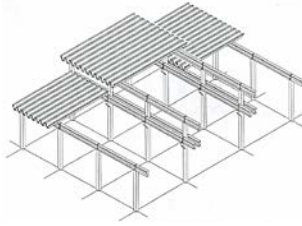
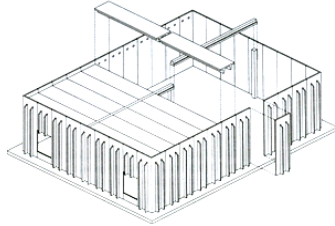
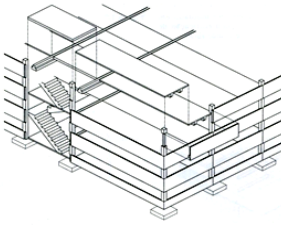
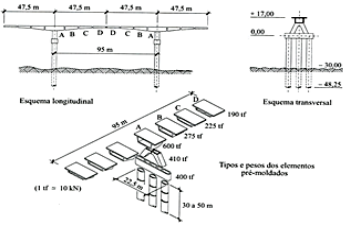
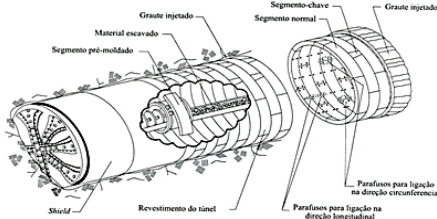
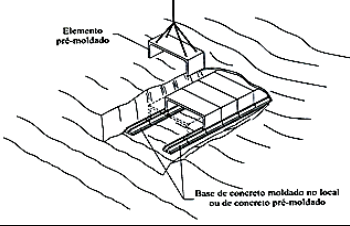
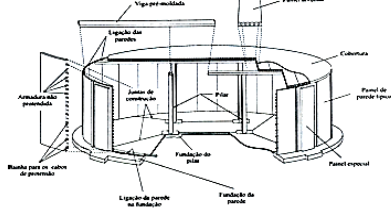
TIPOS DE ESTRUTURAS EM CONCRETO PRÉ-MOLDADO	
GALPÕES	
Estrutura de paredes portantes de edifício de um pavimento	
Estrutura de edifício de múltiplos pavimentos	
Pontes	 <p>Esquema longitudinal</p> <p>Esquema transversal</p> <p>Tipos e pesos dos elementos pré-moldados</p>
Revestimento de túneis	 <p>Grate injetado</p> <p>Material escavado</p> <p>Segmento pré-moldado</p> <p>Shield</p> <p>Revestimento do túnel</p> <p>Segmento-chave</p> <p>Segmento normal</p> <p>Grate injetado</p> <p>Parafusos para ligação na direção circunferencial</p> <p>Parafusos para ligação na direção longitudinal</p>
Galerias	 <p>Elemento pré-moldado</p> <p>Base de concreto moldado no local ou de concreto pré-moldado</p>
Reservatórios	 <p>Vigas pré-moldadas</p> <p>Panela dividida</p> <p>Ligação das paredes</p> <p>Cubertura</p> <p>Panela de conexão tipo</p> <p>Panela especial</p> <p>Junção de paredes de</p> <p>Piso</p> <p>Fundação de piso</p> <p>Fundação de parede</p> <p>Ligação de parede ao fundação</p> <p>Fundação de parede</p> <p>Relevo para o caber de parafusos</p> <p>Armadura de proteção</p>

Figura 3.1 – Tipos de estrutura em concreto pré-moldado. Fonte: EL DEBS (2000).



Segundo El Debs (2000) há diversos tipos de concreto pré-moldado, que podem ser classificados em relação à seção transversal, ao processo de execução e quanto a sua função estrutural. Eles podem ser pré-moldados de fábrica ou de canteiro, de seção completa ou de seção parcial, “pesado” ou “leve”, normal ou arquitetônico.

O pré-moldado de fábrica é aquele que é produzido numa instalação permanente distante do canteiro de obra, e o pré-moldado de canteiro é executado em instalações temporárias próxima ao canteiro. O de seção completa é feito fora do seu local de utilização, e o de seção parcial é o que tem parte de sua seção executada fora do local de utilização, e a parte restante no local definitivo em que será utilizada. O pré-moldado pesado é a peça que necessita de equipamento especial para transporte e montagem por terem elevado peso, já o leve é aquele em que não se necessita de equipamentos especiais. O pré-moldado normal é a peça na qual não há preocupação com a aparência do elemento, e o arquitetônico é aquele em que há a preocupação de cumprir, além de estrutural, um cunho arquitetônico.

Para que o pré-moldado atinja um alto nível de industrialização, como em outras áreas do conhecimento, a exemplo de peças mecânicas, ainda há um considerável caminho pela frente. Um importante passo que pode ser dado é atingir o máximo de padronização possível nas obras, para que com a padronização venha a otimização, e assim o torne um material menos oneroso e mais sustentável. É relevante salientar que a padronização não só influencia positivamente na estrutura, mas em outros campos da obra, como na execução de alvenaria, de revestimentos, entre outros.

Para que a otimização atue no concreto pré-moldado, mais especificamente a otimização por algoritmo genético, sem que haja perda da funcionalidade estrutural é necessário impor penalizações à função objetivo (assunto que será discutido mais a frente), de modo que a estrutura atenda às especificações normativas para o concreto pré-moldado.

O programa de Albuquerque (2007), que será utilizado como base para este trabalho, se preocupou com estes aspectos, e ao discorrer do programa são realizadas verificações quanto aos valores limite de momento, fissuração, flechas, protensão, entre outros.



3.2 OTIMIZAÇÃO

A otimização de produtos e serviços é utilizada por diversas áreas do conhecimento, como modo de determinar valores extremos de funções quaisquer como custo, consumo, etc. Com a concorrência do mercado, qualquer detalhe se torna importante para melhorar a competitividade. Em produtos industrializados, como carros, por exemplo, a otimização de material e tempo de serviço é de extrema importância, pois como se produz em larga escala, uma pequena modificação em uma peça ou serviço significa muito quando se analisa o todo. Com o concreto pré-moldado não é diferente, pois, apesar de uma peça não ser produzida numa larga escala, comparado a indústrias de carros, por exemplo, alguns materiais e serviços envolventes são de custo mais elevado do que de outras soluções presentes no mercado, a exemplo do concreto moldado no local. Deste modo, qualquer otimização de material e serviço que se possa ser feita, será de grande valia para melhorar a competitividade do produto.

A otimização está relacionada à busca por mínimos ou máximos de uma função (também chamada de função objetivo), e esta busca pode ocorrer através dos mais diversos artifícios matemáticos possíveis. Muitas vezes estas funções são submetidas a critérios restritivos, também chamados de penalização, que guiam as variáveis para os resultados ótimos. Os métodos de otimização são classificados de acordo com o problema a ser minimizado ou maximizado, podem ser de acordo com o seu objetivo, ou com a sua natureza determinística ou probabilística, por exemplo.

Segundo Carneiro (1996), as funções objetivo podem ser classificadas como unimodais ou multimodais. Unimodais são aquelas que, na faixa de valores especificados para 'x', possuem um único valor de extremo, seja ele mínimo ou máximo. Multimodais são as funções que na faixa de valores especificados para 'x' pode assumir dois ou mais extremos (locais). Na Figura 3.2 pode ser visto um exemplo de uma função unimodal e na Figura 3.3 uma função multimodal.

De acordo com Olivieri (2004), os métodos de otimização podem ser divididos em duas vertentes principais: a programação linear e a programação não-linear. A programação linear é aquela onde a função objetivo e todas as restrições são representadas por funções lineares das variáveis de projeto. E a programação não-linear trata de problemas onde a função objetivo e as restrições são funções não-lineares das variáveis do problema.

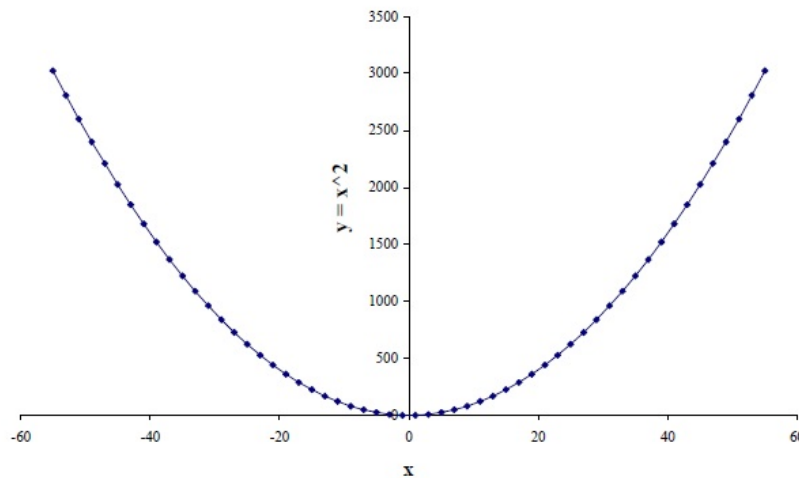


Figura 3.2 – Exemplo de função unimodal. Fonte: CARNEIRO (1996).

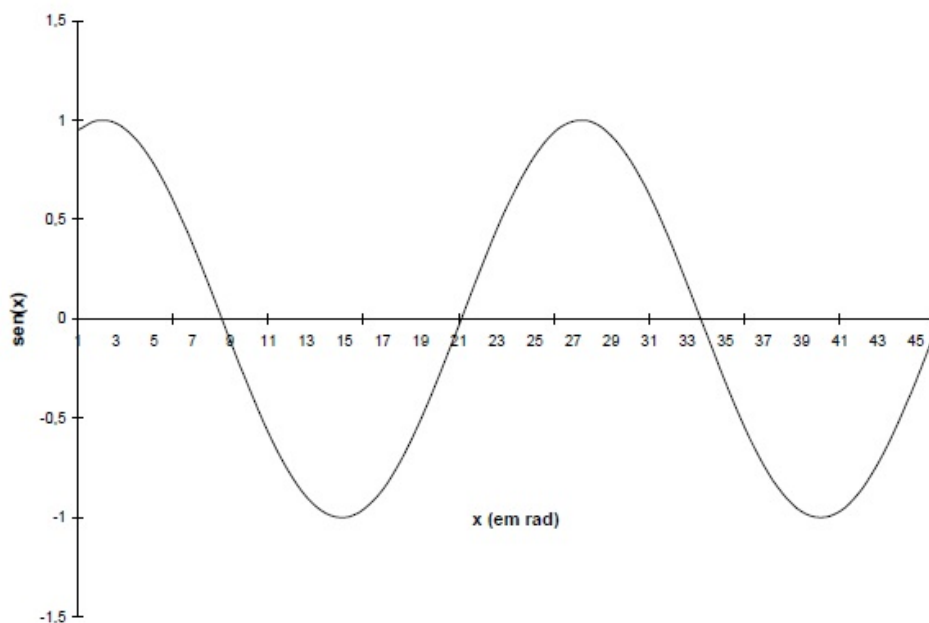


Figura 3.3 - Exemplo de função multimodal. Fonte: CARNEIRO (1996).

Ainda segundo Olivieri (2004), pode-se dividir a programação não-linear em duas grandes famílias: os métodos determinísticos, ou métodos clássicos; e os métodos não-determinísticos, ou probabilísticos.

Existem diversos métodos de otimização, uns com um aparato matemático mais ‘denso’ do que outros, e cada um se adequando a determinado tipo de problema. Lemonge (1999) fornece definições do que vem a ser os métodos determinísticos e probabilísticos citados acima:



Determinísticos: Quando qualquer decisão a ser tomada dentro do algoritmo obedece a algum tipo de regra de forma rigorosa não havendo oportunidade para alguma decisão de caráter (pseudo)-aleatório. Um exemplo simples é a ordenação de membros de uma lista que obedece a uma regra pré-estabelecida.

Probabilísticos: Quando são introduzidos elementos (pseudo)-aleatórios dentro do algoritmo com o objetivo de testar novas direções para a busca de novas soluções, diminuindo o aspecto *rigoroso* de um algoritmo determinístico. Essa é uma característica atraente para várias aplicações práticas.

3.2.1 Métodos Determinísticos

Nestes métodos o mesmo resultado é obtido sempre, se o ponto inicial for o mesmo. Em Olivieri (2004) podem ser encontrados alguns métodos de otimização determinísticos sem ou com restrições. Os métodos sem restrições citados são: o método do Gradiente; o método de Newton; o método do Gradiente Conjugado; e o método de Quase-Newton. Já os métodos com restrições citados foram: o método das Penalidades; o método de Barreiras; e o método do Lagrangeano Aumentado. Abaixo seguem definições sucintas destes métodos de acordo com Olivieri (2004).

a) Método do Gradiente

Também pode ser encontrado como método de Cauchy ou máximo declive, e utiliza as derivadas de primeira ordem para o cálculo do gradiente. Neste método a direção de busca é a direção oposta a qual aponta o gradiente, procurando um mínimo.

b) Método de Newton

É uma extensão do método do gradiente, pois busca minimizar uma função através de uma aproximação local por uma função quadrática.

c) Método do Gradiente Conjugado

Considerado como um método intermediário entre os dois anteriores, este método utiliza direções de busca simples, isto é, direções conjugadas baseadas apenas em derivadas de primeira ordem. Apresenta convergência mais rápida que o método do máximo declive, ao passo que contorna as dificuldades no cálculo da matriz Hessiana do método de Newton.



d) Método de Quase-Newton

Também conhecidos como método de Métrica Variável, também pode ser considerado como um método intermediário entre os dois primeiros. Utilizando derivada de primeira ordem, o método faz uso de uma aproximação para a inversa da matriz Hessiana em um processo iterativo finito.

e) Método das Penalidades

Um processo iterativo onde a função $f(x)$ a ser minimizada é penalizada por uma função $P(x)$. Esta última deve atender a determinados critérios, e com o passar das iterações é necessário que tenda a zero para que o valor de uma função auxiliar convirja para a solução do problema. Em geral os pontos gerados localizam-se numa região exterior à da região viável.

f) Método de Barreiras

Este método trabalha com pontos dentro da região viável, gerando a cada iteração pontos também na região viável, cada vez mais próximos das fronteiras de restrição. Este método transforma um problema restrito num problema irrestrito, e introduz a restrição na função objetivo.

g) Método do Lagrangeano Aumentado

É baseado no método dos Multiplicadores de Lagrange, com a incorporação de funções de penalidade. Este método também transforma um problema com restrições num problema sem restrições.

A intenção de citar estes métodos é apenas elucidar a diversidade dos métodos de otimização de modo sucinto. Estes não são todos os métodos existentes, mas dá para apresentar a amplitude de possibilidades de otimização de um modo determinístico. Não vem ao caso mostrar a matemática por trás de cada um. Para se aprofundar na teoria o autor sugere consultar a bibliografia citada.



3.2.2 Métodos Probabilísticos

Diferente dos métodos determinísticos, aqui se o mesmo ponto inicial for adotado, os resultados obtidos não serão os mesmos. De acordo com Carneiro (1996), nos métodos determinísticos pressupõe-se que os dados necessários para descrição dos modelos sejam conhecidos, entretanto isso nem sempre é possível. Para se resolver problemas de otimização onde o valor das variáveis não seja conhecido com absoluta certeza, o que de fato acontece na vida real, é necessário assumir valores aleatórios para estas variáveis. Nos métodos probabilísticos é possível, a partir de variáveis aleatórias, chegar a valores que solucionem o problema de modo tão satisfatório quanto num método determinístico.

Os métodos probabilísticos oferecem ao usuário uma família de resultados, um grupo final, e não somente um resultado ótimo. Esta é uma das vantagens deste método, pois permite o usuário utilizar aquela solução que melhor se adequa ao seu problema. No caso da engenharia de estruturas isto fica bem claro de ser observado, porque um primeiro resultado pode fornecer uma configuração que não seja a mais adequada às opções de fornecimento e serviços disponíveis para a obra. Mais à frente poderá ser observado este fato com mais detalhes ao serem discutidos os resultados do programa.

Alguns dos tipos de algoritmos probabilísticos são: os algoritmos de Recozimento simulado (*simulated annealing*); os algoritmos de evolução estocástica; e os algoritmos da chamada computação evolucionária.

a) Recozimento simulado (*Simulated Annealing*)

Um método proposto por Metrópolis et al. (1953), que Kirkpatrick et al. (1983) apresentam, baseado no estudo do arranjo atômico de uma estrutura cristalina frente ao cozimento (*annealing*) e posterior redução de temperatura. Segundo Kirkpatrick et al. (1983), encontrar o estado de baixa temperatura de um sistema, quando a prescrição para calcular sua energia é dada, é um problema de otimização não diferente daqueles encontrados em otimização combinatória. Rich e Knight (1994) (apud Carneiro, 1996) acrescentam ainda que o método do recozimento simulado é uma variação do método da Subida de Encosta, método este de busca que envolve uma função heurística, a qual fornece uma estimativa da proximidade de uma determinada solução em relação à solução ótima.



b) Evolução Estocástica

A definição a seguir foi extraída de Carneiro (1996):

A Evolução Estocástica é uma técnica dedicada à otimização combinatorial proposta por SAAB e RAO (1991). O método é similar ao Recozimento Simulado, tendo como principal diferença o fato da Evolução Estocástica aceitar inicialmente somente ganhos positivos fazendo com que a Subida de Encosta (RICH e KNIGHT, 1994) inicie somente quando for alcançado um mínimo local. Segundo os autores esta abordagem permite que a Evolução Estocástica apresente convergência mais rápida que o Recozimento Simulado, com resultados similares ou até melhores.

COMPUTAÇÃO EVOLUCIONÁRIA

A computação Evolucionária, ou Evolutiva, se caracteriza por reproduzir, em programação computacional, comportamentos e características que acontecem na natureza. Um comportamento principal que estes algoritmos utilizam é aquele apresentado na teoria evolutiva de Charles Darwin, onde há os seres mais e menos aptos a se reproduzir e gerar descendentes, e de acordo com essa aptidão eles se destacam no meio de uma população. Na computação evolucionária ocorre do mesmo modo, através da codificação das variáveis, ou não, para avaliação da aptidão.

c) Programação Evolucionária

De acordo com Moedinger (2005), este método foi inicialmente proposto por Laurence Fogel em 1962. Esta técnica se assemelha com a dos algoritmos genéticos (a qual será apresentada mais à frente), entretanto não utiliza os operadores genéticos, mas sim enfatiza a relação entre geração de pais e geração de descendentes. Aqui procura-se minimizar uma função objetivo, que não precisa ser contínua, mas deve ser limitada.

Ainda segundo Moedinger (2005), dois pontos relevantes distinguem a programação evolucionária dos algoritmos genéticos: primeiro que a representação das soluções não é codificada, assim como no algoritmo genético, onde usualmente utiliza-se a codificação dos cromossomos na forma binária (para problemas de variáveis discretas, por exemplo); segundo que o operador de mutação modifica a solução segundo uma distribuição estatística, o que faz com que haja uma pequena variação entre as gerações.



d) Estratégia Evolucionária

De acordo com Abreu (2006), as duas estratégias básicas deste método são: a primeira, onde os filhos substituem os pais na geração seguinte; e a segunda, onde os filhos competem com os pais pela sobrevivência. A primeira estratégia permite uma maior diversidade da população, enquanto que a segunda permite um elitismo dos pais “fortes” até que seja haja um filho mais “forte” para o substituir. Como citado anteriormente, a aptidão de cada indivíduo da população é o que define o seu potencial para prosseguir na evolução.

Segundo Abreu (2006), o operador principal que se enfatiza é o de mutação no lugar do cruzamento entre a população. Ainda há o fato de que as Estratégias Evolutivas utilizam população com um número pequeno de indivíduos (1 a 20 indivíduos), diferente dos algoritmos genéticos, onde se utiliza populações grandes (1000 indivíduos, por exemplo). Ainda em Abreu (2006), é mencionado que o desempenho do algoritmo depende da configuração adequada dos parâmetros internos de controle, assim como nos algoritmos genéticos. Entretanto nas Estratégias Evolutivas estes parâmetros podem ser ajustados automaticamente através de um mecanismo de auto-adaptação, diferente dos algoritmos genéticos, que geralmente utilizam um mecanismo manual para este ajuste.

Estes também não são todos os métodos existentes na área de métodos de otimização heurísticos. Além destes há o método da Colônia de Formigas, método da Busca Tabu, algoritmo das Colônias Artificiais de Abelhas, entre outros. Entretanto não vêm ao caso serem comentados neste trabalho, já que o objetivo aqui é mostrar apenas a diversidade de métodos de otimização.

Dentre os métodos de otimização existentes, um que tem se destacado no meio da engenharia de estruturas é o do algoritmo genético, que é um método probabilístico, inserido também na computação evolucionária. Este método tem sido utilizado no meio da engenharia de estruturas por apresentar diversas vantagens, e facilidades de aplicação, frente aos demais métodos.



3.3 ALGORITMOS GENÉTICOS

Segundo Castilho (2003), atualmente existem muitas pesquisas na área de otimização, principalmente no setor de engenharia de estruturas, e poucas áreas têm chamado tanta a atenção como esta. O objetivo é quase sempre desenvolver métodos mais eficientes para análise de problemas e buscar soluções de forma mais rápida. Ainda na referência, é citado que inúmeros trabalhos utilizam métodos convencionais de otimização para resolução de problemas estruturais, porém, assim como no presente trabalho, optou-se pela utilização dos algoritmos genéticos como forma de otimização. De acordo com Albuquerque (2007), este método tem se mostrado uma forte tendência na engenharia estrutural, pois são de fácil implementação e fornecem excelentes resultados.

O método do algoritmo genético deriva da teoria evolutiva de Charles Darwin, e foi originalmente desenvolvido por John Holland em 1975. De acordo com a teoria de Darwin, numa população existem os indivíduos com mais chances de se reproduzir e sobreviver ao meio, o que os caracteriza como mais “fortes”, como também existem os mais “fracos”, que são aqueles que estão menos aptos. Sendo assim, a espécie tende a evoluir a partir destes seres mais “fortes”, gerando um novo conjunto de seres “fortes” e “fracos”.

Os indivíduos fortes no AG são aqueles que conduzem ao mínimo valor da função objetivo. A população inicial é otimizada através da chamada função objetivo, por meio de seleção e operadores genéticos como cruzamento, mutação, elitismo que atuam na função objetivo, ela ‘evolui’ para o modo otimizado.

A seguir é apresentado um texto extraído de Castilho (2003) que descreve bem o mecanismo de funcionamento do algoritmo genético:

O AG realiza uma simulação de evolução biológica por meio de uma busca multidirecional no espaço de soluções potenciais do problema. Geralmente mantém constante um número de soluções potenciais (população) e, a cada geração, a população é modificada de maneira que as soluções “boas” possam se “reproduzir” e passar à geração seguinte e as “ruins” possam ser descartadas. O AG geralmente usa regras de transição probabilística para selecionar algumas soluções para reprodução e outras para serem descartadas.

Lemonge (1999) cita algumas das vantagens de se trabalhar com algoritmos genéticos, e são listadas logo a seguir:



- Este tipo de algoritmo não requer que as funções-objetivo sejam contínuas ou diferenciáveis;
- Em geral, não requerem formulações ou reformulações complexas para os problemas;
- Não necessitam de estudos preliminares para determinar pontos de partida, factíveis ou não, no espaço de busca;
- São de natureza intrinsecamente paralela;
- Permitem alteração da função objetivo sem necessidade de recodificações extensas.

Encontram-se também em Goldberg (1989) algumas características dos algoritmos genéticos que se destacam em relação aos demais métodos de otimização:

- Os AGs trabalham com codificação do conjunto de parâmetros, não com os parâmetros em si;
- Os AGs buscam por uma população de pontos, não um único ponto;
- Os AGs usam a informação da função objetivo, e não derivadas ou outros conhecimentos auxiliares;
- Os AGs utilizam regras de transação probabilísticas, e não determinísticas.

Goldberg (1989) ainda apresenta os métodos de otimização (Figura 3.4), e as eficiências destes métodos para tratar dos problemas de otimização. Segundo a referência, há aqueles que são bem eficientes para um determinado tipo de problema, mas sua área de atuação é pequena, como é o caso da técnica dos gradientes. Há aqueles que atuam em todo o espectro de problemas, porém são ineficientes de forma igual para todos. E há aqueles métodos que são bem eficientes nos diversos tipos de problemas, alguns dos quais vale à pena abdicar de um pico maior para determinados tipos de problemas, para alcançar altos níveis de performance no campo geral de problemas.

Para começar a entender os algoritmos genéticos (AGs), é interessante se conhecer os termos utilizados no método e como são associados à programação. Estes termos são os mesmos utilizados na genética, e tratá-los assim torna mais fácil o entendimento do problema ao associá-lo com o processo evolutivo natural. A seguir os termos são explicados em relação à programação de acordo com Silva (2001).

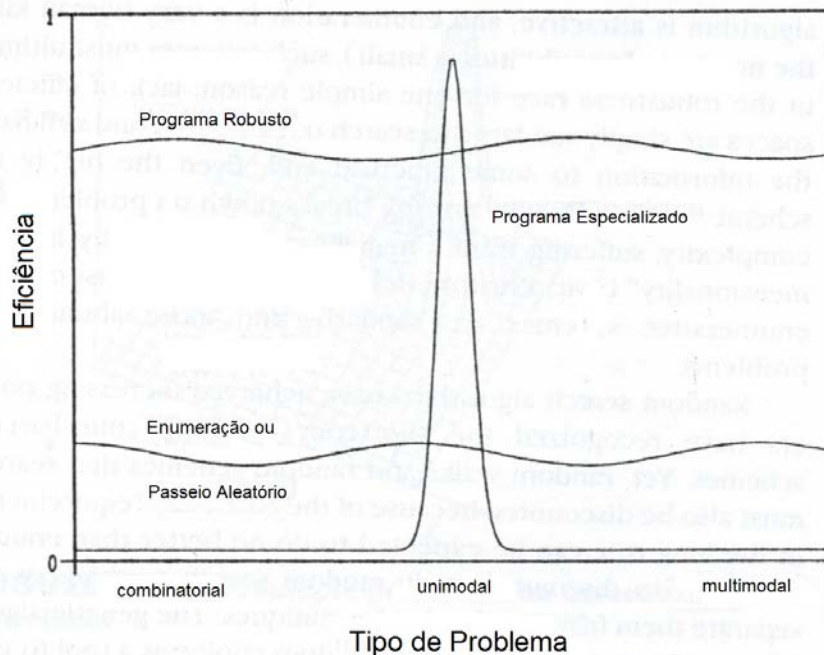


Figura 3.4 – Eficiência dos métodos de otimização. Fonte: GOLDBERG (1989) (Adaptada).

- **Gene:** Na biologia é um dos componentes do cromossomo, e em grupos sequenciais com outros genes definem características do indivíduo. No AG é um parâmetro codificado em linguagens de 0 e 1 que faz parte do cromossomo.
- **Cromossomo:** Cromossomo é um conjunto completo de genes. Um cromossomo no AG representa um ponto no espaço de busca, ou seja, uma possível solução do problema.
- **Indivíduo:** Na genética é apenas um membro de uma população. No AG é um cromossomo, que será avaliado pela sua aptidão.
- **Genótipo:** O termo “genótipo” (do grego genos, originar, provir, e typos, característica) refere-se à constituição genética do indivíduo, ou seja, aos genes que ele possui. No AG é a informação contida no cromossomo.
- **Fenótipo:** O termo “fenótipo” (do grego pheno, evidente, brilhante, e typos, característico) é empregado para designar as características apresentadas por um indivíduo, sejam elas morfológicas, fisiológicas ou comportamentais. É a expressão física do genótipo. No genótipo está armazenada a informação genética dominante, ou recessiva, para determinada característica, isso irá determinar o tom de pele, cor de



cabelos, cor dos olhos, etc. É a expressão física do que está contido no genótipo. No AG representa o cromossomo decodificado, ou seja, se os cromossomos forem as dimensões de vigas, o fenótipo é o vigamento de um pavimento.

- **Alelo:** São aqueles que formam pares e se situam em loci (local que cada gene ocupa no cromossomo) correspondentes nos cromossomos homólogos. Eles respondem pelo mesmo caráter, especificidade determinada, ao menos, por um par de genes. No AG são os valores que um gene pode assumir. Um gene que represente o parâmetro de cor de um objeto, o alelo poderia ser azul, verde, vermelho, etc.
- **População:** No caso de interesse a população é o conjunto de cromossomos, ou no AG, conjunto de soluções.
- **Operações genéticas:** Como citado anteriormente, são as operações que simulam o comportamento real natural que atuam nos cromossomos do AG.
- **Espaço de Busca ou Região Viável:** É a região que engloba as possíveis soluções, ou as viáveis, do problema a ser otimizado. Deve ser caracterizado pelas funções de restrição, que determinam quais as soluções de forma viável do problema.
- **Função Objetivo ou de Avaliação:** É a função a ser otimizada. Nela estão contidas as informações do problema, ou seja, é o problema na sua forma matemática.
- **Função Penalidade:** De acordo com Fonseca (2007), é a expressão matemática que traduz as penalizações do indivíduo, quando as restrições do problema são violadas.
- **Função Aptidão:** É função objetivo somada à função penalidade, ou seja, quando o problema tratado não viola nenhuma restrição, a função aptidão é a própria função objetivo. Segue abaixo a Equação 3.1 da função aptidão.

$$F(x) = f(x) + pen(x)$$

(3.1)

Onde:

$F(x)$ = Função Aptidão

$f(x)$ = Função Objetivo

$pen(x)$ = Função Penalidade

3.3.1 Codificação Binária

Ao utilizar o algoritmo genético, o usuário necessita codificar suas variáveis, e essa codificação tem que ser aquela mais adequada ao problema em questão. O que vai influenciar no tipo de codificação é a natureza da variável, por exemplo, se são variáveis discretas, ou contínuas inseridas num intervalo de valores. Tanto para variáveis contínuas quanto para discretas, é possível utilizar a codificação binária, ou seja, utilizando a linguagem de 0 e 1.

A princípio é gerada uma população inicial, codificada, que contém o total de indivíduos e as características a serem otimizadas. Por exemplo, numa viga a ser otimizada, estas características podem ser o número de barras, a quantidade de cabos de protensão, as dimensões da viga, o fck a ser utilizado, etc. Cada indivíduo desta população contém todas as características que se deseja otimizar, e nos algoritmos genéticos, cada característica separadamente seriam os genes, e a junção de toda elas, o cromossomo. A codificação que mais se utiliza é a codificação binária, para variáveis discretas, apesar de haver outras codificações para este tipo de variável como a codificação Grey, por exemplo. A seguir é apresentada a Figura 3.5 como exemplo, para ajudar a compreender o exposto acima.

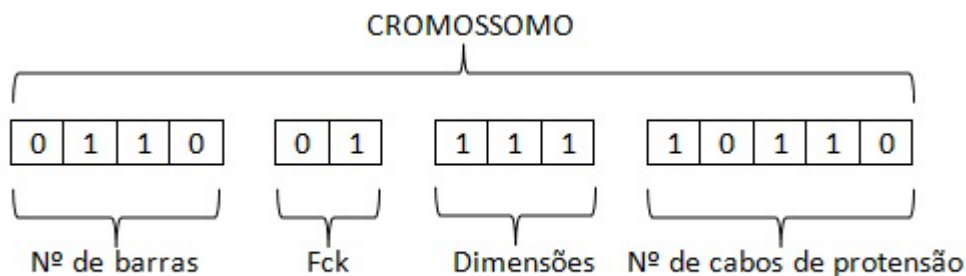


Figura 3.5 – Exemplo de indivíduo codificado em linguagem binária.

A codificação binária é uma linguagem que utiliza dois números, 0 e 1, para representar as características desejadas. Cada ‘célula’ é um *bit*, e cada bit pode assumir dois valores, 0 ou 1. A quantidade de bit existente será relativa à quantidade de soluções possíveis do que se estiver representando. Por exemplo, supõe-se que a característica Fck da Figura 3.5 possa assumir os valores de 35, 40, 45 e 50 MPa, logo foram necessários apenas dois bits para englobar estas possibilidades, pois cada combinação de bits armazena uma possibilidade de solução, como pode ser visto a seguir na Tabela 3.1.



Tabela 3.1 – Codificação Binária.

Decimal Correspondente	Código		Decodificação	Característica
0	0	0	$2^1 \times 0 + 2^0 \times 0 = 0$	35 Mpa
1	0	1	$2^1 \times 0 + 2^0 \times 1 = 1$	40 MPa
2	1	0	$2^1 \times 1 + 2^0 \times 0 = 2$	45 MPa
3	1	1	$2^1 \times 1 + 2^0 \times 1 = 3$	50 MPa

Desta forma, cada característica é associada a um número decimal, uma posição. E como pôde ser visto na Tabela 3.1, também confirmado por Castilho (2003), a representação binária de uma variável discreta pode ser feita da seguinte forma, apresentada pela Equação 3.2.

$$2^{nb} = nv \quad (3.2)$$

Onde:

nb – Número de bits

nv – Número de possíveis variáveis

3.3.2 SELEÇÃO

É o processo pelo qual são selecionados os indivíduos que formarão a nova população. Como existe um limite de indivíduos na população, é necessário que em meio ao universo de indivíduos existentes sejam selecionados aqueles que farão parte da população inicial, bem como aqueles que prosseguirão para a geração seguinte após o cruzamento.

A população inicial é gerada de modo aleatório, assim como seria no meio natural, onde, num ambiente qualquer, fossem selecionados indivíduos de modo randômico. Estes indivíduos são postos para cruzar entre si, e a partir daí são estabelecidos critérios para seleção de cada um. Nos AGs, bem como no meio natural, existem aqueles indivíduos que se



destacam em meio à população se mostrando mais atraentes para se reproduzir e gerar descendentes. No AG o indivíduo é avaliado segundo sua aptidão, e essa aptidão é determinada de acordo com sua codificação binária. Castilho (2003) apresenta três métodos de seleção: Rank; roleta; torneio. Fica a critério do usuário determinar qual a mais adequada à sua situação. No caso do presente trabalho, o mecanismo de seleção que se optou por utilizar foi o tipo *Rank*.

a) *Rank*

Os indivíduos são selecionados de acordo com sua posição num ranking, que é construído de acordo com o valor de aptidão de cada indivíduo. As melhores aptidões ocupam as melhores posições. Segundo Prügel-Bennett (1997), um indivíduo α , ranqueado na posição r_α , tem a seguinte probabilidade p_α de ser selecionado num ranking, onde na posição 0 está o indivíduo menos apto, e na posição $P-1$ está o indivíduo mais apto (Equação 3.3).

$$p_\alpha = \frac{2r_\alpha}{P(P-1)} \quad (3.3)$$

Ainda de acordo com Prügel-Bennett (1997) se dois indivíduos tiverem a mesma aptidão, pode-se atribuir um valor aleatório de posicionamento no ranking ou atribuir a eles um valor médio de rank no grupo.

b) *Roleta*

Aqui a probabilidade de o indivíduo ser selecionado vai de acordo também com sua aptidão. Se fossem dispostos numa roleta, e esta fosse dividida em fatias, como numa pizza, num número igual a dos indivíduos, o tamanho do pedaço referente a cada um deles seria proporcional à razão da respectiva aptidão pelo total acumulado de aptidões.

Segundo Castilho (2003) a probabilidade de seleção p_i de um cromossomo com aptidão F_i , em uma população com N_{pop} indivíduos é dada pela seguinte Equação 3.4.

$$p_i = \frac{F_i}{\sum_{i=1}^{N_{pop}} F_i} \quad (3.4)$$



Tendo p_i , calcula-se a probabilidade acumulada dos indivíduos, segundo a Equação 3.5 presente em Castilho (2003).

$$q_i = \sum_{j=1}^i p_j \quad (3.5)$$

Lemonge (1999) explicita este método no seu trabalho, através da Tabela 3.2 apresentada aqui.

Tabela 3.2 – Aptidão dos indivíduos de uma população para seleção por roleta.

Fonte: LEMONGE (1999).

Elemento	F_i	F_{pi}
1	13	13
2	8	21
3	27	48
4	5	53
5	43	96
6	12	108
7	25	133
8	15	148

De posse destes valores, Lemonge (1999) apresenta a seguinte distribuição dos indivíduos numa roleta para seleção, como foi explicado anteriormente:

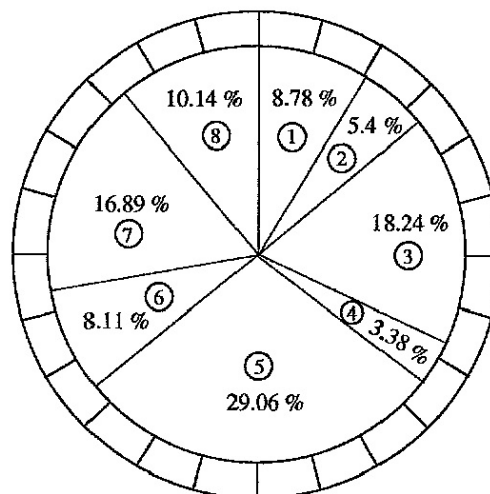


Figura 3.6 – Roleta de seleção de acordo com a razão da aptidão do indivíduo pelo total acumulado de aptidões. Fonte: LEMONGE (1999).



c) *Torneio*

Como o próprio nome diz é realizado um torneio entre os indivíduos da população. Como explicam Miller e Goldberg (1995), a seleção por torneio aplica, nos 's' competidores, o que eles chamam de pressão de seleção, onde 's' é o tamanho do torneio. Os indivíduos são escolhidos aleatoriamente, com probabilidades iguais, e geralmente competem em pares, (CASTILHO, 2003). Os vencedores do torneio são aqueles com melhor aptidão, e que posteriormente são colocados para cruzar entre si. Desta forma a população seguinte sempre fica com uma média de aptidão melhor que a anterior.

De acordo com Castilho (2003), num outro modo de torneio, pares de indivíduos são gerados randomicamente, assim um número randômico R^+ é gerado, no intervalo entre 0 e 1. Se $R^+ > r$, $0,5 > r > 1$, o mais apto entre os dois cromossomos é selecionado, senão, o menos apto. O processo se repete até que toda a população tenha sido utilizada no torneio.

3.3.3 Operadores genéticos

Os operadores genéticos são aqueles que reproduzem alguns dos comportamentos naturais de evolução, e que garantem a diversidade da população, bem como a permanência daqueles indivíduos que se destacam, no que se refere à aptidão, em relação aos demais, como também uma melhor varredura no espaço de busca.

CRUZAMENTO

Este é um comportamento natural onde os indivíduos trocam informações genéticas entre si, na geração de um descendente. Deste modo a prole contém informações dos pais. É instintivo pensar que se dois indivíduos com boa aptidão, ou seja, boas características que o destaquem no meio para arranjar um par e gerar descendentes, cruzarem entre si, o filho nascerá também com boas características, ou boa informação genética.

Do mesmo modo ocorre no meio do algoritmo genético, através da codificação que se utilizar, no caso do presente trabalho a binária, os pais trocam informações entre si, e geram descendentes com partes do código de cada pai. O cruzamento pode ocorrer de algumas formas na codificação binária, o cruzamento de um ponto, o de dois ou mais pontos, o uniforme e com vários pais são alguns exemplos.



a) Cruzamento de Um Ponto

É o tipo de cruzamento que se faz na codificação binária, onde se faz aleatoriamente a escolha de um ponto dentro do cromossomo, entre dois valores do código deste cromossomo. Escolhido este ponto em dois indivíduos diferentes, cria-se um novo indivíduo com uma parte do código extraída do primeiro pai, antes do ponto selecionado, e a outra parte do código extraída do segundo pai, depois do ponto selecionado. A Figura 3.7 extraída de Castilho (2003) ajuda a entender melhor o processo.

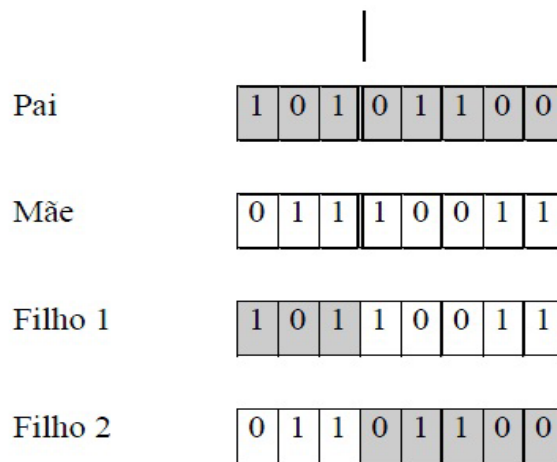


Figura 3.7 – Cruzamento do um ponto. Fonte: CASTILHO (2003).

b) Cruzamento de Dois ou Mais Pontos

É análogo ao cruzamento de um ponto só, a diferença é que aqui dois ou mais pontos ao longo do cromossomo são escolhidos para fazer a transação do código genético dos pais para os filhos. A Figura 3.8 também extraída de Castilho (2003) ajuda a entender o método.

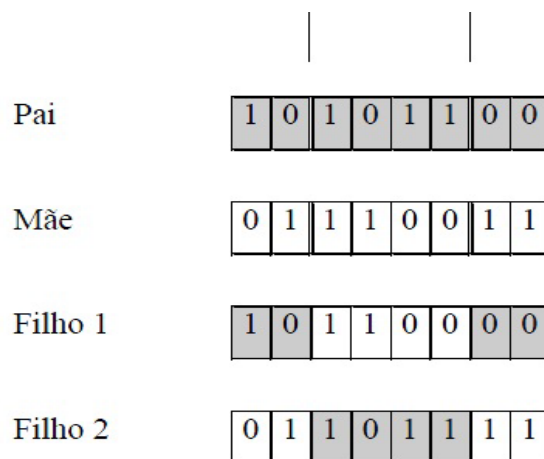


Figura 3.8 – Cruzamento de dois ou mais pontos. Fonte: CASTILHO (2003).



c) Cruzamento Uniforme

De acordo com Lemonge (1999) procede-se uma escolha uniforme dos números aleatórios que indicarão a troca do material genético. É criado o que se chama de máscara de bits, gerada aleatoriamente, que tem o mesmo comprimento de cromossomo que os pais, e que através dela são determinados quais os bits serão herdados pelos filhos. Se na posição correspondente na máscara houver o bit 1, haverá a troca do valor do bit em questão, se houver o bit 0, não haverá troca. A Figura 3.9 ajuda a entender esta técnica.

Pai 1	11111111	Filho 1	10010110
“máscara”	01101001		
Pai 2	01001100	Filho 2	00100101

Figura 3.9 – Cruzamento Uniforme. Fonte: LEMONGE (1999).

d) Cruzamento com vários pais

Este método lembra o cruzamento de dois ou mais pontos, a diferença é que é feita com vários pais, ao invés de dois apenas. Os pontos de cruzamento existentes são no mínimo um número abaixo da quantidade de pais, ou seja, se houverem 3 pais, a quantidade mínima de pontos de cruzamento será 2 (Figura 3.10).

Pai 1	101 110 101	Filho 1	101 001 110
Pai 2	111 001 101	Filho 2	010 110 101
Pai 3	010 110 110	Filho 3	111 110 101

ou

Pai 1	101 110 101		
Pai 2	111 001 101	Filho	101 001 110
Pai 3	010 110 110		

Figura 3.10 – Cruzamento de vários pais. Fonte: LEMONGE (1999).

No presente trabalho optou-se por utilizar o operador de cruzamento tipo uniforme, com uma taxa de cruzamento de 80%, assim como foi utilizado em Albuquerque (2007).



MUTAÇÃO

Este processo é encarregado de manter a diversidade genética. Desse modo, indivíduos que não se mostravam potenciais soluções para o problema podem ressurgir como fortes candidatos. Neste operador genético o cromossomo sofre uma troca do valor de um dos seus bits. Os indivíduos que sofrem a mutação são aqueles que não foram escolhidos para o elitismo.

Segundo Castilho (2003), aplica-se o operador de mutação nos indivíduos com uma probabilidade dada pela taxa de mutação p_m ($0,001 \leq p_m \leq 0,1$), que se for muito baixa pode acontecer um comprometimento da diversidade da população, e se for muito alta podem haver muitas perturbações aleatórias e os filhos perderão suas semelhanças com os pais, podendo comprometer a convergência. Geralmente a mutação é aplicada após a operação de cruzamento. A Figura 3.11 ajuda a compreender a atuação do operador.

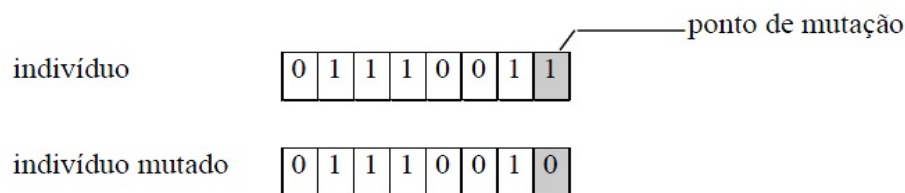


Figura 3.11 – Mutação na codificação binária. Fonte: CASTILHO (2003).

ELITISMO

Tanto no meio natural, quanto nos AGs há aqueles indivíduos que se destacam em meio a uma população por possuir características que o tornam mais aptos a se reproduzir e gerar descendentes. Almejando-se a evolução da espécie é desejado que estas características sejam mantidas para as gerações seguintes. Isso é o que o operador de elitismo faz, ele garante que estes indivíduos passem para a próxima geração.

Para garantir o bom funcionamento dos algoritmos genéticos é necessário estabelecer, segundo Albuquerque (2007): o tamanho da população que existirá em cada geração; a quantidade de indivíduos da população que irá participar do cruzamento; probabilidade de mutação, ou seja, a probabilidade de um cromossomo qualquer ser alterado. Com estes pontos fechados, deixa-se estabelecido o critério de parada para concluir a otimização com os algoritmos genéticos. Sendo assim, Albuquerque (2007) utilizou o método dos algoritmos



genéticos no concreto pré-moldado selecionando as soluções potencialmente mais adequadas (“fortes”) à situação. Gerou uma família de novos resultados e, num processo iterativo de novas famílias de resultados “fortes”, teve como solução final uma família de configurações ótimas do pavimento, no que se refere ao custo.

3.4 PESQUISAS ATUAIS COM ALGORITMOS GENÉTICOS

Num cenário recente de pesquisa nota-se que a técnica dos algoritmos genéticos está sendo bastante utilizada para otimização estrutural, sendo também associada a outras técnicas para potencializar a ferramenta.

Guanci et al. (2008) desenvolvem o SAG (*Sustainable Genetic Algorithm*) o qual tem como ferramenta o SALA (*Self-Adaptive Learning Algorithm*), que sustenta que o auto aprendizado frente a situações adversas é um potencial estimulador da evolução. Além dessa ferramenta, há o RAS (*Relative Adaptation Strategy*) que leva em consideração que uma característica que não é necessariamente benéfica para o indivíduo, pode ser necessária para a comunidade, citando como exemplo as abelhas. Para finalizar, é utilizado também no SAG o RRO (*Redundant Reproduction Operator*) que incrementa a velocidade de convergência e a confiança. Para programar o SALA, o RAS e o RRO há uma formulação matemática, que não cabe ser exposta aqui. Ao final é comprovada a eficiência do SAG.

Gong et al. (2008) utilizam os IGA_s (*Interactive Genetic Algorithm*), proposto na década de 80, e bons para problemas de otimização com índices implícitos ou vazios, segundo o autor. No trabalho, o autor utiliza o IGA para problemas de grandes populações e para não incrementar a quantidade de indivíduos sendo avaliados pelo usuário. Dividindo a população em grupos, é quebrada a restrição do tamanho da população que o autor cita haver na maioria dos IGA_s. É concluído que o IGA desenvolvido atende ao objetivo buscado, se mostrando bastante eficiente na otimização de grandes populações.

Do mesmo modo Ren et al. (2009) utilizam os IGA_s para populações com tamanhos variáveis, dividindo a população em duas fases: a fase flutuante e a fase estável de conhecimento do usuário. Na fase flutuante a população é dividida em grupos rústicos de acordo com a similaridade dos indivíduos, e na fase estável a similaridade muda a princípio com a evolução, e é atingida com o elitismo da população e o andar da sequencia evolutiva.



Almeida e Awruch (2009) desenvolveram algoritmos genéticos específicos, associados ao método dos elementos finitos, para otimizar estruturas de compósitos laminados. Os autores utilizaram estruturas de placas e cascas, com variação de cargas e atestaram a eficiência do algoritmo desenvolvido.

Zhongliang et al. (2010) também combinaram algoritmos genéticos com o método dos elementos finitos a fim de potencializar a ferramenta na otimização de estruturas de aço em relação ao peso da estrutura. Assim como na referência anterior, os autores conseguiram desenvolver uma ferramenta mais adequada ao problema do que simplesmente o uso do algoritmo genético.

Ai e Wang (2011) compararam o resultado apresentado por um algoritmo genético comum com o de outros dois algoritmos genéticos modificados na avaliação de uma treliça de 10 barras, com a finalidade de resolver o problema de convergência prematura. O primeiro algoritmo genético modificado é uma combinação do algoritmo genético com o método *simplex downhill*, e o segundo é uma combinação do algoritmo genético com o método do gradiente conjugado, e se mostraram mais fortes na busca da viabilidade otimizada de projetos do que o algoritmo genético comum.

Tian et al. (2011) implementaram o IGA (*Improved Genetic Algorithm*) com o intuito, também, de evitar situações de convergência prematura e a capacidade de otimização local pobre no problema de uma treliça de 10 barras. Comparando o algoritmo genético padrão com o IGA, concluiu-se que o IGA apresentou uma melhor performance global, corrigindo alguns pontos do algoritmo genético comum e possibilitando uma maior velocidade de convergência local. Além disso o IGA proporcionou uma melhor solução otimizada para problemas de variáveis discretas.

3.5 DISCUSSÃO DA REVISÃO

Do mesmo modo que foi utilizado em relação ao custo e desempenho, o algoritmo genético também pode ser utilizado tendo como função objetivo a sustentabilidade. O que deve ser feito é estabelecer limites de consumo de material, distância de transporte, determinar métodos de execução, entre outros critérios que associadas aos de custo, forneçam, através de novos processos iterativos, soluções mais sustentáveis.



Como pôde ser visto os algoritmos genéticos têm sido utilizados em junção com outras técnicas a fim de potencializar as ferramentas e atender às necessidades de cada usuário do algoritmo. Como no presente trabalho é utilizado o código apresentado por Albuquerque (2007), são também adotadas as mesmas adaptações realizadas pelo autor.

Em Albuquerque (2007) foram feitas adaptações no algoritmo desenvolvido com o intuito de atender à necessidade presente naquele trabalho. A primeira adaptação feita é o que Albuquerque (2007) cita como modificação dos *Transgênicos*. A segunda modificação é o que é chamado de *Rotina dos Gêmeos*.

Maiores detalhes do trabalho são apresentados no capítulo 4.

TRANSGÊNICOS

Através de correspondência eletrônica Albuquerque (2007) recebeu uma definição do que vem a ser um indivíduo transgênico. Segundo o biólogo Cláudio Picanço, pesquisador do INPI, um transgênico é produzido quando se insere um gene de interesse, portanto uma modificação pontual. Neste caso o gene é inserido com de modo consciente, a fim de modificar o indivíduo para que ele se adeque a determinado tipo de restrição, ou apresente características desejadas.

No trabalho de Albuquerque (2007) foi imposta essa modificação dos transgênicos para que no processamento do algoritmo, o número de cabos de protensão da segunda camada, na viga, fosse sempre inferior à quantidade de cabos da primeira. A segunda camada ter uma quantidade de cabos maior que a primeira é antieconômica e ‘antissustentável’, pois o braço de alavanca é menor, conseqüentemente a força aplicada para atingir o equilíbrio terá que ser maior, ou a quantidade de cabos terá que aumentar. Essa medida ajuda a descartar a busca por alternativas que já se sabe que não serão boas.

Através de exemplos, Albuquerque (2007) constatou a efetividade da modificação dos transgênicos. Para detalhes mais aprofundados sugere-se consultar o trabalho citado para acompanhar tal constatação.

ROTINA DOS GÊMEOS

Albuquerque (2007) observou que em alguns processamentos os indivíduos escolhidos para a elite eram iguais. Deste modo foi inserida a rotina dos gêmeos que verifica se acontece



este fato. Em caso positivo um dos dois é colocado para cruzamento, e o primeiro indivíduo que faria parte do cruzamento entra no lugar deixado pelo gêmeo. Reprocessando os exemplos criados Albuquerque (2007) verificou a viabilidade do método.

4 APRESENTAÇÃO DO PROGRAMA

Como mencionado anteriormente o código utilizado no presente trabalho irá partir do apresentado em Albuquerque (2007), fazendo as modificações necessárias para os critérios de sustentabilidade. Logo, com a intenção de não se fazer repetitivo, já que foram apresentados em Albuquerque (2007), mas se fazem necessários aqui, serão apresentados, de modo mais resumido, os critérios utilizados no programa, bem como as restrições utilizadas.

4.1 ESCOLHA DO SISTEMA ESTRUTURAL

Ao se escolher o concreto pré-moldado como solução estrutural, dispõe-se de uma diversidade de possibilidades de elementos e configurações estruturais. Albuquerque (2007) faz um estudo de diversas soluções existentes para concluir qual sistema estrutural é o mais adequado para avaliação de otimização.

De acordo com o estudo, em relação à estrutura, observa-se que são decisivos para a escolha, os fatores de fabricação e montagem. Em relação aos sistemas de serviços concluiu-se que o mais eficiente seria a acomodação das instalações por baixo do pavimento, independentemente. E em relação à arquitetura, entendeu-se que a estrutura modulada seria melhor para a fabricação, transporte e montagem. Como sugestão para melhoria dos sistemas foi mencionado que seria interessante, modular a estrutura, adequar as dimensões das peças aos equipamentos disponíveis para transporte e montagem. Reduzir a quantidade de serviços, e facilitar as ligações para a obra ganhar velocidade, aumentar a resistência das peças e sua rigidez para melhorar o desempenho da estrutura, foram outras possibilidades recomendadas.

Ainda em Albuquerque (2007) é feita uma avaliação sobre os sistemas estruturais utilizados no Brasil. Através de questionários, distribuídos em meios digitais de comunicação para as partes envolvidas, e telefonemas para os profissionais é feita uma avaliação de qual o padrão utilizado no Brasil.

Foi observado que a resistência do concreto pré-moldado varia de 30 a 50 MPa, e a do concreto moldado no local varia de 20 a 30 MPa. A estrutura se compõe de pórticos



unidirecionais, com vigas dispostas numa direção e as lajes perpendiculares e apoiadas sobre elas: 54,5% dos pórticos orientados na mesma direção do lado de maior dimensão do pavimento e 45,5% na outra direção.

Observou-se também que as lajes mais utilizadas são as lajes alveolares e as lajes “II”, e que estas estão sempre apoiadas em vigas de seção “T” invertida, “L”, “I” e retangular. Os vãos médios encontrados são função das características de cada obra, entretanto foram apresentados valores médios para os sistemas estruturais mais utilizados, que foram: a viga “T” invertida com um vão médio de 8,9 m; e lajes alveolares com um vão médio de 7,7 m. As ligações das peças pré-moldadas mais utilizadas preveem a transferência de momentos por meio de soldas entre as armaduras da viga e do consolo do pilar na zona inferior, e mediante armaduras de continuidade ligadas por luvas deixadas dentro do pilar e em suas laterais na capa da laje.

Após toda esta avaliação, que pode ser vista no trabalho citado, foi determinado um sistema estrutural específico para ser avaliado. No caso de Albuquerque (2007) é feita uma otimização em relação ao custo. No presente trabalho é feita uma otimização em relação à sustentabilidade, para o mesmo sistema estrutural.

O sistema estrutural escolhido em Albuquerque (2007) é o de lajes alveolares apoiadas sobre vigas “T” invertidas. É considerada uma capa de concreto moldado no local de 5 cm em todo o pavimento. Em relação à geometria do edifício, considera-se um pavimento retangular, já que se busca uma sincronia com a arquitetura para se obter uma modulação da estrutura. As Figura 4.1 e Figura 4.2 apresentam o sistema estrutural acima descrito.

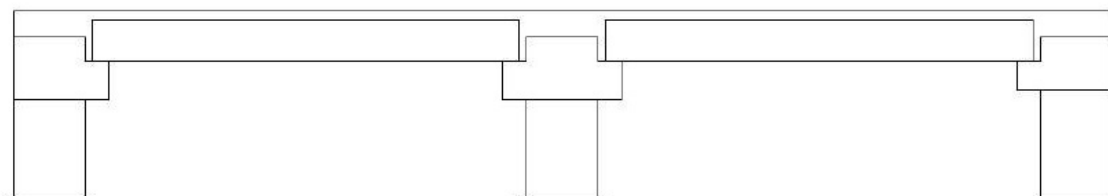


Figura 4.1 - Lajes alveolares apoiadas sobre vigas “T” invertidas. Fonte: ALBUQUERQUE (2007).

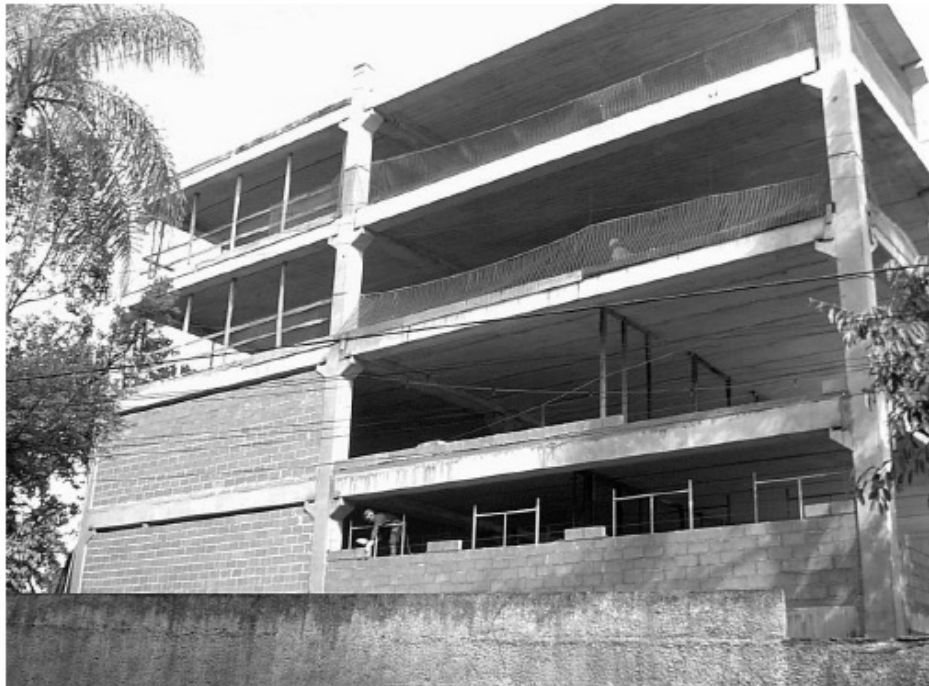


Figura 4.2 – Ed. Bureau Jurídico. Fonte: ALBUQUERQUE (2007).

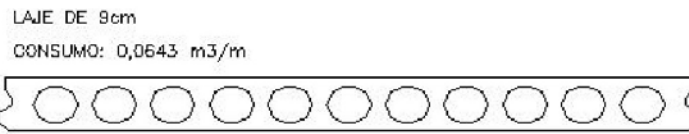
Os vãos de escada e elevador são ajustados a partir da modulação das vigas, respeitando os vãos mínimos da arquitetura, a partir da inclusão de algumas vigas extras de contorno.

Segundo Albuquerque (2007) este sistema estrutural foi adotado de acordo com informações obtidas com fabricantes, que indicam que este tem sido o preferido para os edifícios residenciais. Albuquerque (2007) ainda menciona que se a intenção fosse um edifício-garagem ou shopping center, bastava adotar vigas “II”. Para isso seria necessária uma modificação na rotina do programa, já que este se destina a edifícios comuns de múltiplos pavimentos.

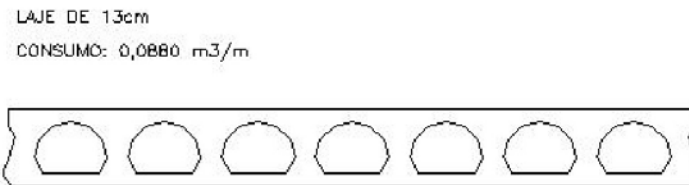
Como os tipos de lajes e vigas dependem da disponibilidade dos fabricantes, os tipos de lajes e vigas são definidas como variáveis discretas. Os modelos adotados para o banco de dados do programa são apresentados nos itens seguintes.

4.1.1 Lajes

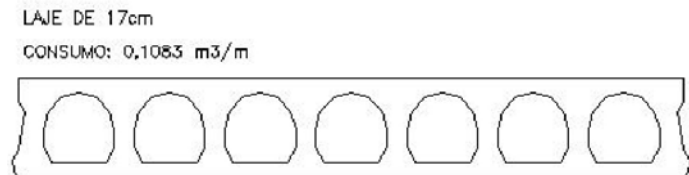
A seguir são apresentados os tipos de lajes consideradas no programa, onde para cada tipo foram adotadas alternativas de protensão, e no total renderam 32 opções de lajes. As lajes podem ser vistas na Figura 4.3, as medidas de ‘h’ (altura da laje) estão em centímetros.



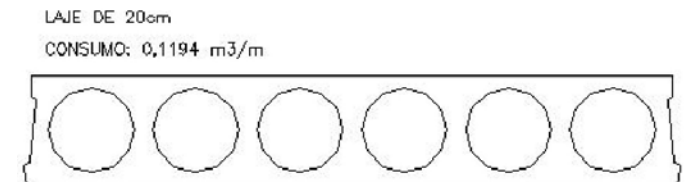
(a) Laje h=9



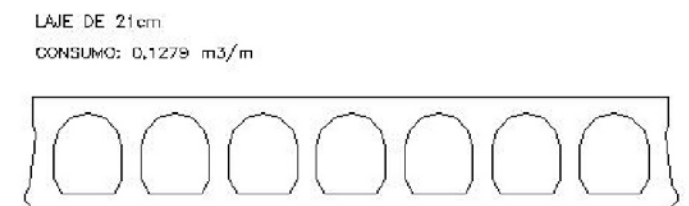
(b) Laje h=13



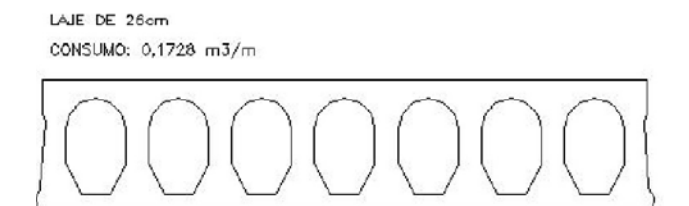
(c) Laje h=17



(d) Laje h=20



(e) Laje h=21



(f) Laje h=26

Figura 4.3 – Tipos de lajes Alveolares. Fonte: ALBUQUERQUE (2007).



A hipótese adotada no programa foi de lajes apoiadas simplesmente sobre as vigas, e dimensionadas para um momento positivo de $ql^2/8$.

4.1.2 Vigas

As vigas utilizadas no programa foram as vigas “T” invertidas, como mencionado anteriormente. Segundo Albuquerque (2007), as mesmas são definidas a partir de sua largura e sua altura, acrescentando a largura dos ‘dentes’ que irão apoiar as lajes, sendo de 15 cm para cada lado (experiência de fabricantes), conforme Figura 4.4. De acordo ainda com Albuquerque (2007), estas vigas podem ser produzidas, com as larguras (b_w) de 40 cm a 90 cm, variando em 10 cm entre cada uma, e de altura (h_v), entre 20 cm e 40 cm, variando em 5 cm. A viga de borda é uma viga em “L”, semelhante à viga “T” invertida, como pode ser visto na Figura 4.5. A imagem é meramente ilustrativa, não sendo a configuração de armaduras representada a que é de fato utilizada.

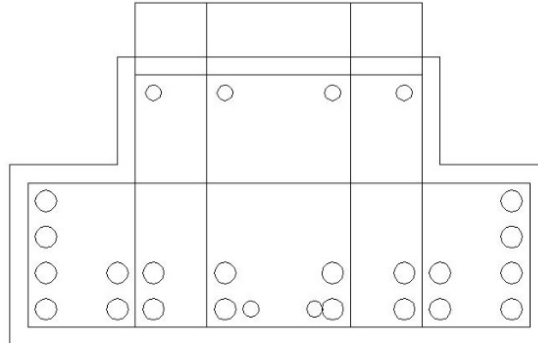


Figura 4.4 – Viga “T” invertida. Fonte: ALBUQUERQUE (2007).

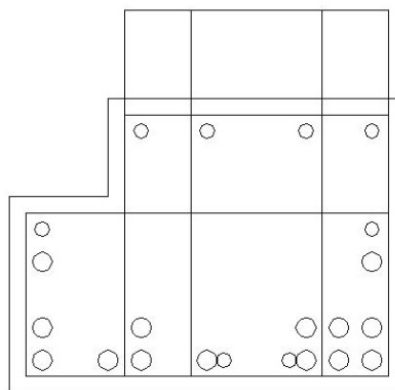
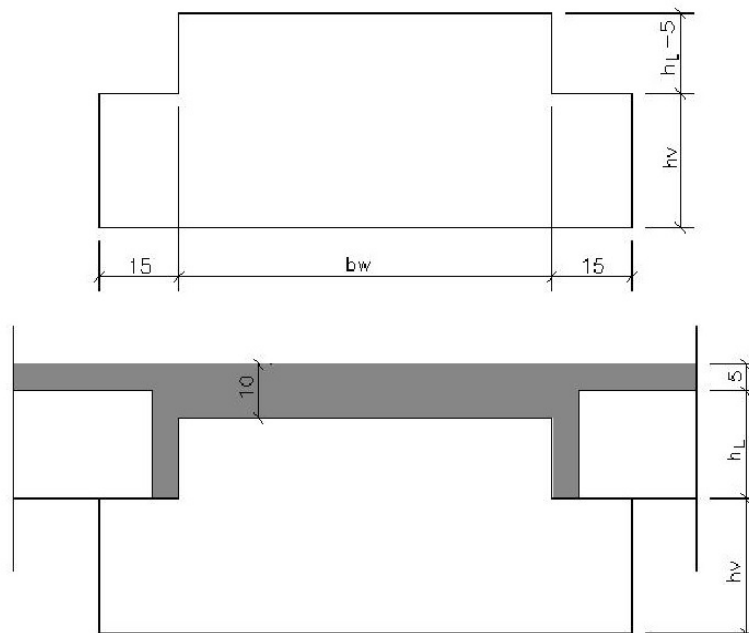


Figura 4.5 – Viga “L”. Fonte: ALBUQUERQUE (2007).

À altura da base da viga (h_v) é acrescida a altura da laje alveolar e a altura da capa de concreto moldado no local acima da viga (10 cm). Deste modo, a altura da viga (h_v) acrescido da altura da laje alveolar diminuída de 5 cm compõe a altura total da viga pré-moldada, Figura 4.6. Esta região de 10 cm de concreto moldado no local é útil para alocação de armaduras passivas longitudinais, e para facilitar a ligação entre capa e concreto pré-moldado, das vigas e dos pilares.

Segundo Albuquerque (2007), adotou-se quatro cordoalhas protendidas na parte superior das vigas para diminuir os esforços de tração na fase construtiva. Ele ainda ressalta que com informações coletadas com um fabricante de concreto pré-moldado que a seção de viga “T” invertida é a que traz melhor relação custo benefício para vãos de até 10 m.



**Figura 4.6 – Seção da viga “T” invertida com a capa de concreto por cima.
 (Unidades em cm) Fonte: ALBUQUERQUE (2007).**

Para a viga central considerou-se para o cálculo que a mesma está bi-apoiada para ao carregamento antes da solidarização da capa com um momento positivo de $ql^2/8$ e, após a solidarização da capa, considera-se que haja uma continuidade para todo o carregamento. Como consta em Albuquerque (2007), para uma consideração simplificada da continuidade utilizou-se a indicação 8.3 do ACI-318 (1995) que recomenda um momento positivo de $ql^2/16$ e um momento negativo de $ql^2/10$. No momento positivo da viga utilizam-se cabos de protensão e armadura passiva, e no momento negativo apenas a passiva



4.1.3 Pilares

Albuquerque (2007) utiliza no programa as informações das Tabela 4.1 Tabela 4.2 para compor o banco de dados de pilares do programa. De acordo com contatos feitos pelo autor com fabricantes, as seções de pilares não variam muito entre projetos de edifícios em concreto pré-moldado. A Tabela 4.1 foi feita considerando uma resistência de 40 MPa para o concreto, uma taxa de 3,0% de aço e um pavimento de 4,0 m de altura. Dependendo da altura do edifício, a taxa de aço no pilar varia, como varia também com a resistência do concreto. Para contemplar as diferentes resistências à compressão do concreto e taxas de aço respectivas, Albuquerque (2007) adotou a Tabela 4.2.

Tabela 4.1 – Seções adotadas para os pilares em função da carga vertical característica (N_k). Fonte: ALBUQUERQUE (2007).

Seção do Pilar (cm)	N_k (kN)
40x40	3800
50X50	6000
60X60	8000

Tabela 4.2 – Consumo médio de aço no pilar em função de sua resistência. Fonte: ALBUQUERQUE (2007).

f_{ck}	kg/m ³
35	150
40	120
45	90
50	60

4.1.4 Diretrizes do Código

O programa faz verificações para todas as ações transitórias (armazenamento, transporte e montagem), estados limites de serviço e últimos. Para estes, são consideradas as seções



compostas devida a capa de concreto moldado no local, verificadas de acordo com a NBR-6118 (2003), ALBUQUERQUE (2007).

Por considerar que as armaduras de cisalhamento não têm influência significativa na composição do custo, Albuquerque (2007) considerou uma armadura mínima na composição dos custos a serem otimizados. Consideração esta que será utilizada no presente trabalho, já que se deseja posteriormente comparar a função custo com a função emissão de CO₂.

Por considerar que os esforços laterais são absorvidos por paredes e núcleos como caixas de escada e de elevador, a estabilidade global da estrutura foi desprezada no código. Esse papel de aumento de rigidez da estrutura pode também ser feito por alguns pórticos formados com vigas do perímetro, que usualmente tem dimensões maiores devido a algum caráter arquitetônico, por exemplo. Além disso, há a consideração do efeito de pórtico que acontece ao serem feitas as ligações entre as peças pré-moldadas, ALBUQUERQUE (2007). O objetivo principal em Albuquerque (2007) era: apresentar uma formulação para a otimização de pavimentos de edifícios com estruturas de concreto pré-moldado, baseado em restrições arquitetônicas, em função da finalidade da obra (comercial, shopping center, escola, residencial, etc.). Analisar prédios mais altos significaria implementar no programa uma análise da influência de vento e outras possíveis cargas horizontais. Desta forma, desconsidera-se o efeito de cargas horizontais no edifício (já que esta não influenciará significativamente na avaliação a que se propõe este trabalho).

4.1.5 Restrições

As restrições analisadas são as mesmas verificadas em Albuquerque (2007). São indicadas a seguir com o propósito de manter a linha de raciocínio sobre o funcionamento completo do programa, assim como fechar a ideia acerca deste.

As restrições verificadas nada mais são do que os requisitos estruturais que o edifício tem que atender. Elas atuam como pesos na função objetivo, penalizando o valor desta. Foram feitas 20 restrições para as vigas e 17 restrições para as lajes. Foi extraída de Albuquerque (2007) uma descrição das restrições verificadas.



- a) Verificações das tensões normais nas fases transitórias (desmoldagem, transporte e montagem) que devem respeitar os limites da NBR-6118 (2003) de compressão e tração;

$$|\sigma_{\text{inferior}}| \leq 0,7 \cdot (0,7 \cdot f_{\text{ckPM}}) \rightarrow \text{limite_compressão}$$

$$|\sigma_{\text{superior}}| \leq f_{\text{ctk inferior}} \rightarrow \text{limite_tração}$$

- b) Verificações dos estados limites de serviço, considerando protensão limitada, de descompressão e formação de fissuras, para combinações frequentes e quase permanentes respectivamente;

$$\sigma_{\text{descompressão}} \leq 0$$

$$\sigma_{\text{formação_fissura}} \leq 1,5 \cdot f_{\text{ctk inferior}}$$

- c) Verificação do momento resistente em relação ao momento de cálculo (ELU);

$$M_{\text{resistente}} \leq M_{\text{d}}$$

- d) Verificação para que β_x esteja entre os limites do domínio 3, onde o $\beta_x = x/d$, que é a relação entre a distância de linha neutra e a face superior e a altura útil da peça;

$$0 \leq \beta_x \leq 0,6$$

- e) Verificações dos vãos dos elementos que devem ser maiores do que os mínimos estabelecidos pelo usuário;

$$l_{\text{viga}} \leq l_{\text{mínimo}}$$

$$l_{\text{laje}} \leq l_{\text{mínimo}}$$

- f) Verificações das flechas totais finais;

$$f + cf \leq \frac{l}{250}$$

- g) No caso das lajes há uma verificação para que a linha neutra fique acima dos alvéolos, para que seja considerada uma seção retangular;

$$x_{\text{laje}} \leq x_{\text{máximo}}$$

- h) Verificação para que a relação vão da laje e altura total da laje (laje + capa) seja menor que 45, relação apresentada pelo ACI (2005);



$$\frac{l_{laje}}{h_{laje} + 0,5} \leq 45$$

- i) Para as vigas há verificações a fim de que a quantidade de cabos, por camada, seja menor ou igual à capacidade máxima em função da largura da viga. Verifica, ainda, se a quantidade de cabos, na primeira camada, é maior que a quantidade deles, na segunda;

$$n_{a,b} \leq n_{\text{máximo}}$$

- j) Verificação de que a altura total do pavimento e a largura da viga sejam menores do que os limites informados pelo usuário;

$$h_{\text{total}} \leq \text{altura_máxima}$$

$$b_w \leq \text{largura_máxima}$$

4.1.6 Dados de entrada

Os dados de entrada fornecidos ao programa sofreram uma pequena alteração em relação ao código de Albuquerque (2007), já que no código adaptado no presente trabalho são aceitos arquivos de texto contendo os dados de entrada. Também foi adicionada a distância da fábrica à obra como um dado de entrada. Sendo assim, os dados de entrada do presente trabalho são os seguintes:

- a) NUMPAV - Número de Pavimentos;
- b) DMINX - Distância mínima entre eixos de pilares na direção x;
- c) DMINY - Distância mínima entre eixos de pilares na direção y;
- d) LX - Dimensão do pavimento em planta baixa na direção x;
- e) LY - Dimensão do pavimento em planta baixa na direção y;
- f) HMAX - Altura máxima do pavimento, que é a altura da base da viga “T” invertida acrescido da altura da laje alveolar, somada à espessura da capa de concreto (5 cm);
- g) BMAX - Largura máxima da alma da viga;
- h) Q - Carga acidental;



- i) GPR - Carga permanente adicional (pavimentação e revestimento). O peso próprio dos elementos é calculado automaticamente;
- j) GPL - Parede sobre laje;
- k) DFAB - Distância da fábrica à obra;
- l) NUMIND - Número de indivíduos da população;
- m) ELIT - Número de indivíduos para elitismo;
- n) MAXGER - Número de gerações ou ciclos desejados;
- o) CRUZ - Taxa de cruzamento, que é a porcentagem de indivíduos que serão selecionados para cruzamento;
- p) PMUT - Taxa de mutação, que significa a probabilidade de mutação em todos os indivíduos das gerações intermediárias, exceto os originários do elitismo.

4.2 ROTINA DO PROGRAMA

Um fluxograma do procedimento do programa pode ser feito tal qual em Albuquerque (2007), já que o presente trabalho utilizará conceitos e definições do programa da referência citada. A princípio é gerada a população inicial e, de acordo com a aptidão dos indivíduos produzidos, eles passam pelos seguintes processos: seleção; cruzamento; mutação e elitismo. Ao final do procedimento, eles serão ordenados de acordo com a aptidão de cada indivíduo, e apresentados tal qual foi mostrado anteriormente na saída de dados. A Figura 4.7 apresenta o fluxograma extraído de Albuquerque (2007).

Ressalta-se aqui que o MAXGER representa o critério de parada do algoritmo, ao ser atingido o MAXGER o programa sai do ciclo geracional e fornece os resultados dos indivíduos da última geração. Outra consideração importante é de que a rotina apresentada por Albuquerque (2007) não foi alterada no presente trabalho, foi utilizado o mesmo procedimento da Figura 4.7.

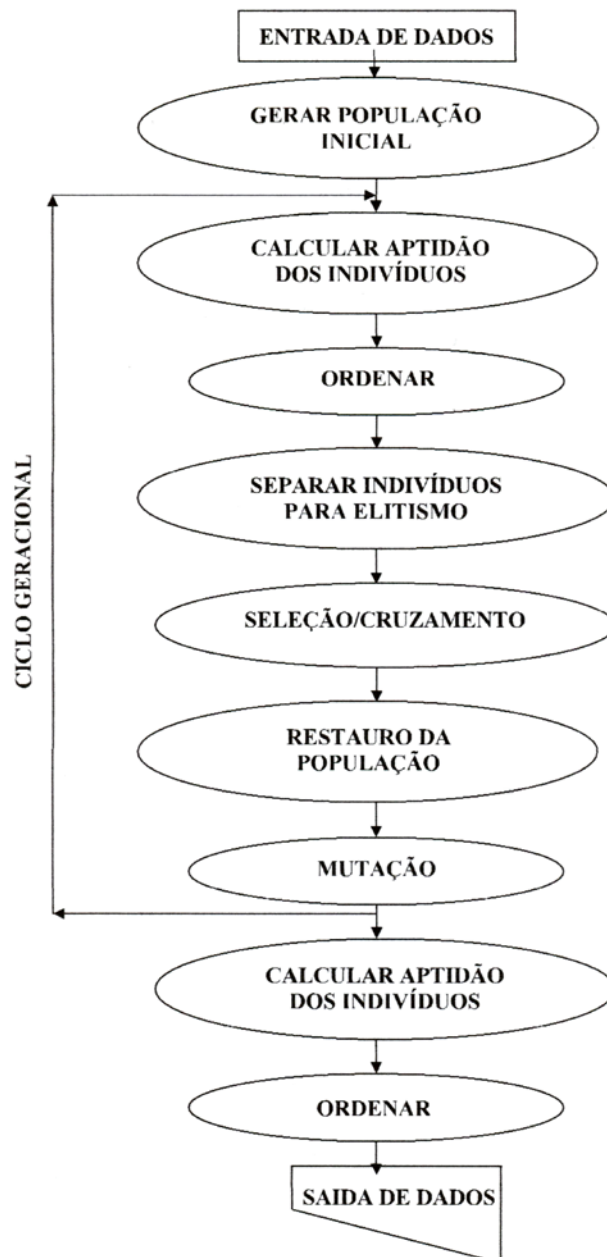


Figura 4.7 – Fluxograma do programa, Albuquerque (2007).

4.3 SUSTENTABILIDADE INTRODUZIDA AO PROGRAMA

Neste tópico é descrita a forma como foi desenvolvida a introdução dos critérios de sustentabilidade no algoritmo.

Primeiramente foram feitas modificações no código para que este passasse a ler arquivos de texto contendo os dados de entrada. Através de um algoritmo específico,



introduzido no início do código, o usuário pode agora utilizar um arquivo de entrada externo ao programa para determinar os dados iniciais requisitados por este. Se o arquivo de entrada não for encontrado, os dados de entrada podem ser introduzidos manualmente. Deste modo se torna mais fácil a avaliação dos resultados, pois podem ser produzidos tantos arquivos de entrada quantos se deseje, variando apenas um parâmetro, por exemplo, para saber a influência da variação deste parâmetro no resultado final.

Para saber quais variáveis utilizar, é necessário avaliar todo o processo produtivo do concreto pré-moldado e analisar de onde se podem extrair estas variáveis de sustentabilidade para construir uma função objetivo.

O concreto pré-moldado possui várias etapas de confecção até o local de utilização e, como foi citado anteriormente, em cada etapa da produção há um potencial quesito onde a otimização pode agir. Este ponto do trabalho se destina a avaliar o processo produtivo do concreto pré-moldado com a finalidade de aferir as possíveis variáveis que serão utilizadas no programa.

4.3.1 Avaliação do Processo Produtivo do Concreto Pré-Moldado

Uma das dificuldades de se ter como função objetivo a sustentabilidade é a forma para quantificá-la, porém, como visto na revisão bibliográfica, existem quesitos que já se mostram claros como variáveis. Exemplo disso é a emissão de CO₂, que está diretamente associada ao consumo de cimento. Este, por sua vez, está associado à dimensão da peça, à resistência do material, e ao tipo de cimento utilizado. Entretanto, existem pontos que ainda não estão tão claros, e que devem ser analisados com cuidado.

Pode-se começar a avaliação das variáveis já na fase inicial de projeto. Não é um ponto que possa entrar na função-objetivo, contudo é importante que seja abordado. Se o projeto seguir uma padronização nas suas formas, o tempo gasto com o dimensionamento e detalhamento da estrutura será reduzido, bem como o de outros projetos, a exemplo do projeto de instalações, alvenaria, revestimento, etc. Como o tempo gasto será menor, a energia gasta será menor também. Todavia, este é um ponto sobre o qual não se tem controle, já que essa economia de energia é na verdade fictícia, pois se o projetista termina um trabalho, logo começará outro.



O ponto seguinte que pode ser analisado é o consumo de aço, que está diretamente ligado à dimensão da peça, à resistência do material e ao consumo de cimento. Então, seria importante reduzi-lo, mas fazer isto conflita com a redução do consumo de cimento. Aí se destaca um ponto importante da utilização dos algoritmos genéticos, pois as variáveis são analisadas em conjunto, buscando um ótimo global, e não otimizando uma e depois a outra, somente ao final da primeira.

A importância da otimização do consumo de aço se destaca no fato de que sua produção gera emissão de CO₂, deste modo pode-se inclui-lo na função objetivo como influente na emissão de CO₂.

Um dado seguinte a ser analisado é a fôrma, que está ligada à dimensão, ou à área de superfície da peça. Os tipos de fôrmas mais utilizados, de acordo com contatos feitos com a fábrica de concreto pré-moldado PREFAC, são as fôrmas metálicas e de madeira. As metálicas são utilizadas quando há muita repetição, podendo ser reutilizadas mais vezes que as de madeira, e ao final do ciclo, quando não têm mais utilidade, podem ainda ser vendidas como sucata. As de madeira são utilizadas quando não há muita repetição, sendo de difícil destinação depois de utilizada, geralmente mandada para queima em fornos. Uma característica importante das fôrmas para o concreto pré-moldado, é que como o concreto está sendo moldado num local diferente da utilização, elimina-se o escoramento e o aparato de fôrmas no local da obra, isso é um ganho de sustentabilidade significativo, já que há uma redução na geração de resíduos da obra.

Deste modo, é ressaltada a importância da modulação do projeto, pois com a padronização há uma maior reutilização das fôrmas. Optou-se por considerar que as fôrmas que serão utilizadas na fabricação das peças sejam metálicas, por esta solução ser mais reutilizável do que as de madeira.

Em relação ao concreto, alguns pontos podem ser variáveis de projeto, a exemplo do consumo de cimento, como já foi citado. Além disso, há o consumo de água utilizado no traço, bem como o consumo de água utilizado no método de cura. Esta variável está diretamente relacionada à resistência do material, entretanto para este trabalho é considerado que, devido ao alto controle de qualidade na produção do concreto pré-moldado, o desperdício será ínfimo para ser considerado nos cálculos.



A água utilizada na cura vai depender do método que se escolhe: mangueira; algodão umedecido; manta; aspersor de jardim; etc.. Do mesmo modo que na água utilizada no traço, a água utilizada na cura não entrará nos cálculos devido ao alto controle de qualidade na produção do concreto pré-moldado.

O processo de lançamento do concreto na fôrma pode gerar resíduos, e estes resíduos podem ser reutilizados na fabricação de outros concretos. Caso contrário, o concreto gera impacto ao ambiente. Porém para este trabalho é considerado que todo resíduo gerado nesta etapa é reaproveitado.

Após a peça pronta, o próximo passo é o transporte, o que será relativo à peça ser pré-fabricada no canteiro da obra ou fora. Como o caso que se pretende estudar é um edifício comum de pavimentos, será considerado que a peça virá de uma fábrica externa à obra. Sendo assim, o que se pode avaliar daí é a emissão de CO₂ pelos caminhões transportadores. A queima do combustível é agressiva ao ambiente, então quanto menor o consumo, menor o impacto. Para reduzir o consumo reduz-se a distância, o que sugere que a obra localize a fábrica mais próxima do canteiro, reduzindo assim também o número de viagens. Além disso, outro fator que irá influenciar é o tipo de caminhão a ser utilizado, se é carreta comercial ou extensiva.

O ponto seguinte a ser estudado é a montagem, onde os guindastes utilizados podem ser de 4 tipos. De acordo com El Debs (2000), aqueles que são utilizados em obras do tipo considerado neste trabalho são as autogruas e as gruas de torre. Como as gruas de torre são movidas a energia elétrica, será considerado a utilização de autogruas, que são movidas a diesel, e dessa forma, a contribuição da montagem, será também por parte da emissão devido a queima do diesel para içamento e locação das peças pré-moldadas.

Quanto à fase de ligações e cobrimentos, a geração de resíduos e o consumo de cimento são considerados como variáveis do programa. No entanto, admitindo que a geração de resíduos seja mínima e que o resíduo gerado seja reutilizado, o fator avaliado é o consumo de cimento e a consequente emissão de CO₂.

Desta maneira, pôde-se notar que a análise das variáveis converge para a emissão de CO₂ gerada pelo processo produtivo. Sendo assim, a função objetivo a ser otimizada será desenvolvida tendo em foco este parâmetro.



Em resumo, a função objetivo é composta pela emissão de CO₂: da produção das lajes, das vigas e dos pilares em fábrica, do concreto moldado no local para a etapa de ligações; da produção do aço para protensão e aço da armadura passiva a ser utilizado nas peças; do transporte necessário; e da montagem. Sendo assim, a função aptidão é a seguinte, apresentada na Equação 4.1.

$$F(\text{Emissão de } CO_2) = (f_1(\text{Concreto}) + f_2(\text{Aço}) + f_3(\text{Transporte}) + f_4(\text{Montagem})) + \text{pen}(x) \quad (4.1)$$

A unidade utilizada na otimização da emissão de CO₂ foi quilo (kg). Na parcela f_1 e na parcela do f_4 referente ao concreto moldado no local otimizou-se a quantidade de CO₂ emitido por quilo de concreto utilizado. Na parcela do aço, f_2 , quilo de CO₂ emitido por quilo de aço utilizado. No transporte e na montagem, f_3 e f_4 foi relativa à quantidade de diesel utilizado, sendo otimizada a quantidade de CO₂ em quilo, por litro de diesel consumido.

4.3.2 Valores de Emissão de CO₂

Destrinchando esta função objetivo, avalia-se item a item dos parâmetros a serem otimizados.

CONCRETO

O primeiro ponto a ser otimizado é o referente ao concreto, ou seja, f_1 e f_4 , que correspondem respectivamente ao concreto pré-moldado e à parcela do concreto moldado no local da montagem. O programa divide a avaliação do concreto em concreto pré-moldado e concreto moldado no local. O concreto pré-moldado por sua vez, pode assumir 4 tipos diferentes de f_{ck} no programa: 35 MPa; 40 MPa; 45 MPa; 50 MPa. Já o concreto moldado no local, pode assumir também 4 valores de f_{ck} , porém de grandezas diferentes: 20 MPa; 25 MPa; 30 MPa; 35 MPa.

Cada valor de f_{ck} , tanto do concreto pré-moldado quando do moldado no local, possui valores diferentes de emissão de CO₂. Estes valores foram adotados considerando que o



cimento é composto aproximadamente todo por clinker. A quantidade de cimento adotada por f_{ck} foi a mesma encontrada em Daminieli (2010), conforme Figura 4.8.

Sendo assim, os valores de emissão de CO_2 para um metro cúbico de concreto foram os mesmos valores de consumo de cimento na mesma unidade de volume de concreto, já que foi considerado que 1 ton de cimento emite cerca de 1 ton de CO_2 ao ambiente. No código, o volume de concreto é multiplicado pelo valor de emissão gerado por 1 m^3 de concreto. Os valores de consumo de cimento considerados são os apresentados a seguir:

- 20 MPa – 260 kg/m^3 ;
- 25 MPa – 280 kg/m^3 ;
- 30 MPa – 320 kg/m^3 ;
- 35 MPa – 340 kg/m^3 ;
- 40 MPa – 360 kg/m^3 ;
- 45 MPa – 400 kg/m^3 ;
- 50 MPa – 440 kg/m^3 .

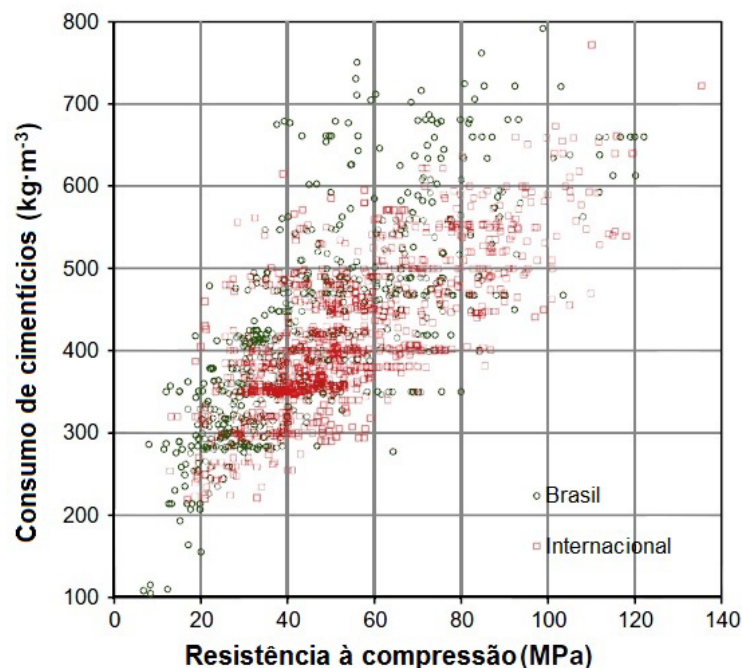


Figura 4.8 – Consumo de cimento por f_{ck} no Brasil e no mundo Fonte: Daminieli (2010) (Adaptada).



AÇO

Para a emissão referente ao aço, f_2 , foi utilizado o valor encontrado em *American Institute of Steel Construction* (2013). Neste documento encontra-se que o valor de emissão do aço estrutural situa-se entre 0,73 e 0,89 toneladas de CO₂ por tonelada de aço produzido. Deste modo, tanto para o aço passivo quanto o aço ativo foi utilizado um valor médio entre estes dois extremos, ou seja, 0,82 ton de CO₂ por ton de aço produzido

TRANSPORTE

Os valores referentes ao transporte, f_3 , entrou-se em contato, através de e-mail, com concessionárias autorizadas das fabricantes de caminhões Mercedes Benz e Volvo, para saber valores de consumo de combustível dos caminhões por quilômetro rodado. Estes contatos forneceram valores aproximados, já que, como foi informado por eles, é difícil informar um valor exato de consumo de combustível, pois este dado varia de acordo com muitos fatores, como por exemplo: topografia; clima; condições do pavimento da rodovia; habilidade do motorista; peso bruto do veículo; etc. Então foi considerado o desempenho do caminhão de carreta normal completamente cheio como sendo de 2 km/L, ou, escrito de outra maneira, 0,5 L/km, e o de carreta extensiva como sendo 1,4 km/L, ou, escrito assim como o anterior, 0,71 L/km. Já para o caminhão de carreta normal completamente vazio foi considerado o desempenho de 3,5 km/L, ou 0,29 L/km, e para o caminhão com carreta extensiva foi considerado o desempenho de 3,3 km/L, ou 0,3 L/km. Para os dois tipo de carreta vazia foi considerado o valor de 0,3 L/km, para melhor se ajustar ao programa.

O valor de emissão de CO₂ referente à queima do diesel é algo em torno de 2,7 kg/L, segundo a Empresa de Pesquisa Energética [20--].

MONTAGEM

Considerou-se também a queima do combustível utilizado na montagem, f_4 . Para isso foi adotado que o modo de montagem é através de uma autogrua com lança telescópica de 50 toneladas de suporte de carga. Esta solução foi adotada após discussão feita com contato com a fábrica de pré-moldados PREFAC, situada na Bahia.

De acordo com El Debs (2000) os elementos de montagem de elementos pré-moldados podem ser divididos da seguinte forma:

- De uso comum: Autogruas (guindaste sobre plataforma móvel);
Grua de torre (guindaste de torre).
- De uso restrito: Grua de pórtico (guindaste de pórtico);
Derrick (guindaste Derrick).

Os elementos de montagem considerados para montagem de um edifício comum são as de uso comum. As guias de torre são movidas por energia elétrica, por isso não são consideradas na função; já as autogruas são movidas por combustível, e por isso foram selecionadas como padrão a serem utilizadas no programa. Caso a obra opte por utilizar uma grua de torre, basta desconsiderar o valor da emissão pela montagem, e subtraí-la do total.

As dimensões máximas dos pilares a serem considerados pelo programa são de 60 cm x 60 cm, e o prédio a ser avaliado pelo programa tem uma altura baixa, já que não se considera ações laterais. Avaliou-se então que a autogrua adequada a ser utilizada é a de 50 toneladas com lança telescópica. A Figura 4.9 mostra um exemplo de autogrua com lança telescópica.

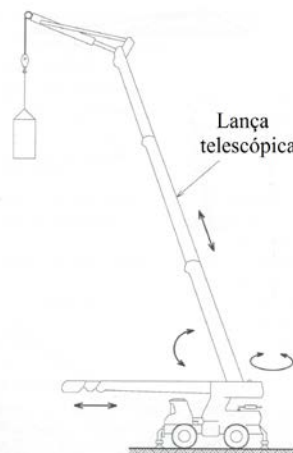


Figura 4.9 – Autogrua com lança telescópica. Fonte: EL DEBS (2000) (Adaptada).

Tendo sido o tipo de montagem estabelecida, de acordo com contato com o Eng. Thiago Bruno dos Reis, especialista no ramo de movimentação de cargas, adotou-se um valor de consumo de combustível Diesel de 3,73 L/hora de trabalho pelo equipamento. Foi considerado que a autogrua trabalharia com uma jornada diária de 8 horas. A mesma quantidade de CO₂ por litro de Diesel de 2,7 kg/L foi considerada. Deste modo, a quantidade de CO₂ emitida será de 80,57 kg/dia. A partir daí calcula-se a quantidade de diárias de utilização do equipamento de montagem, que é função do que o programa oferecer como solução, para então calcular a quantidade total emitida por esta etapa.



4.3.3 Saída de dados

Na saída de dados do programa, é apresentado logo de início o nome do arquivo de entrada que foi utilizado, como também as informações de entrada consideradas, conforme Figura 4.10 a). Na Figura 4.10 b) são apresentadas as melhores aptidões de cada geração. Além das características de cada indivíduo, ou seja, a configuração estrutural escolhida, como apresentada em Albuquerque (2007), são apresentadas, na Figura 4.10 c), informações de cada indivíduo de emissões de CO₂ de cada parcela em específico: do concreto; do aço de protensão; do aço passivo; do transporte; da montagem. Logo após são apresentadas em porcentagem as contribuições de cada parcela, as do aço de protensão e passivo são apresentadas para ter uma ideia de proporção em relação ao todo. O que se intitula “GL” e “GV” são os valores de penalizações das lajes e vigas respectivamente, Figura 4.10 b), c) e d).

```
Arquivo de Entrada Utilizado = BMAX40
NUMPAV = 4
DMINX = 7.500
DMINY = 7.500
LX = 30.000
LY = 30.000
HMAX = 0.700
BMAX = 0.400
Q = 0.200
GPR = 0.150
GPL = 0.150
DFAB = 5.00 Km
Pop = 700 individuos
Elitismo = 3 individuo(s)
Ciclo = 3000 geracoes
Taxa de cruzamento (%)= 80
Num. de individuos participantes do cruzamento= 560
Taxa mutacao (%)= 1.000
```

a)

```
--- Melhores aptidoes de cada geracao ---
APT( 1)=0.8127E+11
APT( 2)=0.2811E+06
APT( 3)=0.9222E+05
APT( 4)=0.2328E+06
.
.
.
APT( 2998)=0.6753E+05
APT( 2999)=0.6753E+05
APT( 3000)=0.6753E+05
APT( 3001)=0.6753E+05
```

b)



```

Variáveis Projeto individuo= 100
NumGen= 29
NX= 4
NY= 4
DL= 0
FCKCML= 35
FCKCPM= 35
HL= 0.17
LLJ= 7.50
HV= 0.35
BV= 0.40
LLV= 7.50
NA= 13
NB= 10
NPT= 0
Pentotal= 0.64E+02
Apt= 0.4498E+07
Volume Concreto (m3)= 0.74E+03
Peso total de aço (Kg)=0.30E+05
Taxa de aço Total (Kg/m3)= 0.405E+02
Emissão de CO2 do Concreto (Kg)= 0.253007E+06
Emissão de CO2 do Aço de Protensão (Kg)= 0.1529E+05
Emissão de CO2 do Aço Passivo (Kg)= 0.9403E+04
Emissão de CO2 do Transporte (Kg)= 0.616E+03
Emissão de CO2 da Montagem (Kg)= 0.2175E+04
Emissão %Concreto Pré-Moldado= 0.759E+02
Emissão %Concreto Moldado no Local= 0.231E+02
Emissão %Transporte= 0.220E+00
Emissão %Montagem= 0.776E+00
Emissão %Aço de Protensão= 0.545E+01
Emissão %Aço Passivo= 0.335E+01
Emissão de CO2 Total (Kg)= 0.280492E+06
Emissão de CO2 da Estrutura/m3 (Kg/m3)= 0.389650E+03

DADOS DA LAJE INDIVÍDUO= 100
VL= 13
cf-Total (Laje)= -.65E-02
flecha (Laje)= 0.66E+02
f-Total (Laje)= 0.18E-01
LP= 0.40E+00

DADOS DA VIGA INDIVÍDUO= 100
VV= 4
cf-Total (Viga)= -.84E-02
f-Total (Viga)= 0.17E-01
qdv= 0.20E+02
QDP= 25
QDL= 0.10E+03
GL 9=0.45E+00
GL10=0.34E+00
GV 1=0.54E+00
GV 2=0.57E+00
GV 3=0.50E+00
GV 5=0.15E+00
GV 6=0.27E+00
GV 7=0.78E+00
GV13=0.60E+00
  
```

c)

Figura 4.10 – a) Informações fornecidas na entrada de dados; b) Melhores aptidões de cada geração; c) Configuração estrutural de cada indivíduo, emissão de cada parte considerada, características das vigas e lajes e restrições.



Na Figura 4.10 c), são apresentados para um indivíduo:

- NumGen – Número de genes de cada indivíduo;
- NX – Número de vãos entre pilares em x;
- NY – Número de vãos entre pilares em y;
- DL – Direção da laje, que pode ser 0 (x) ou 1 (y);
- FCKCML – Resistência à compressão do concreto moldado no local;
- FCKCPM – Resistência à compressão do concreto pré-moldado;
- HL – Altura da laje alveolar;
- LLJ – Vão da laje alveolar;
- HV – Altura da base da viga, que é a altura do dente da viga que recebe a laje;
- BV – Base da viga;
- LLV – Vão da viga
- NA – Número de cabos de protensão na camada A;
- NB – Número de cabos de protensão na camada B;
- NPT – Número de barras de armadura passiva, também nas vigas;
- Pentotal – Penalização total do indivíduo;
- Apt – Aptidão do indivíduo.

A partir daí são dados que serão explicados mais à frente ou que se explicam pelo próprio nome. Em seguida são apresentados os dados de lajes e vigas de contra flecha, flecha, e flecha total. Além de serem expostos os tipos de laje (VL) e os tipos de viga (VV) para cada indivíduo. Esses tipos de lajes e vigas estarão de acordo com o banco de dados de lajes e vigas que variam de acordo com: os esquemas de protensão; altura da laje (para as lajes); altura da viga e largura da alma das vigas (para as vigas).

Finalizada a introdução ao programa são apresentados os exemplos processados bem como as análises feitas com os resultados destes exemplos em mãos. Para maiores detalhes sobre o programa sugere-se consultar Albuquerque (2007).



5 AVALIAÇÃO DE EXEMPLOS NO PROGRAMA

Neste capítulo são avaliados exemplos que servem para avaliar a emissão de CO₂ associada ao concreto pré-moldado. Foram variados diversos parâmetros para investigar a influência de cada um sobre o todo, considerando um edifício comum, retangular em planta, de múltiplos pavimentos.

Como citado anteriormente, foi implementada uma rotina para que o código aceitasse arquivos de texto externos para inserção de dados de entrada. Desta maneira, foram feitos diversos arquivos de entrada externos, adotando um padrão para as informações, que foram semelhantes às dos exemplos rodados em Albuquerque (2007). Em cada arquivo de entrada foi variado um parâmetro em certa quantidade de valores. Por exemplo, variou-se a largura máxima da viga BMAX, em três valores: 40 cm; 50 cm; 90 cm.

5.1 EXEMPLOS PROCESSADOS

Os dados iniciais que têm de ser fornecidos na entrada no programa, e os valores padrão adotados para os respectivos dados, são:

NUMPAV (Número de Pavimentos) – 4

DMINX (Distância mínima entre pilares na direção x) – 7,5 m

DMINY (Distância mínima entre pilares na direção y) – 7,5 m

LX (Dimensão do pavimento na direção x) – 30 m

LY (Dimensão do pavimento na direção y) – 30 m

HMAX (Altura máxima do pavimento – Laje + Viga) – 0,7 m

BMAX (Largura máxima da viga) – 0,8 m

Q (Sobrecarga) – 2 kN/m²

GPR (Carga permanente) – 1,5 kN/m²

GPL (Parede sobre laje) – 1,5 kN/m²



DFAB (Distância da fábrica à obra) – 20 Km

NUMIND (Número de indivíduos da população) – 700

ELIT (Número de indivíduos para elitismo) – 3

MAXGER (Número de gerações ou ciclos desejados) – 3000

CRUZ (Taxa de cruzamento) – 80 %

PMUT (Taxa de mutação) – 1 %

Para verificar o efeito da variação de cada um dos parâmetros no resultado de emissão foi criado um total de 45 arquivos de entrada, variando apenas o parâmetro que estiver como nome do arquivo de entrada, com a dimensão também apresentada no nome. O nome do arquivo representa o(s) parâmetro(s) alterado(s) com seu(s) respectivo(s) valor(es). Por exemplo, variando a taxa de cruzamento para 50%, a fim de avaliar a influência desta na emissão de CO₂, utiliza-se o arquivo de entrada CRUZ50. Os arquivos de entrada utilizados neste trabalho são apresentados Figura 5.1.

NUMPAV3	LX60LY60	NUMIND100
NUMPAV4	LX100LY100	NUMIND500
NUMPAV5	HMAX50	NUMIND1000
NUMPAV6	HMAX60	ELIT5
DMINX4DMINY4	HMAX80	ELIT10
DMINX5DMINY4	BMAX40	MAXGER500
DMINX8DMINY4	BMAX50	MAXGER1000
DMINX10DMINY10	BMAX90	MAXGER2000
DMINX15DMINY8	Q2GPR1GPL1	MAXGER10000
DMINX15DMINY15	Q3GPR2GPL2	CRUZ20
LX40LY30	Q6GPR15GPL15	CRUZ50
LX50LY30	DFAB5	CRUZ90
LX60LY30	DFAB10	PMUT5
LX60LY40	DFAB50	PMUT10
LX60LY50	DFAB100	PMUT30

Figura 5.1 – Arquivos de entrada utilizados.

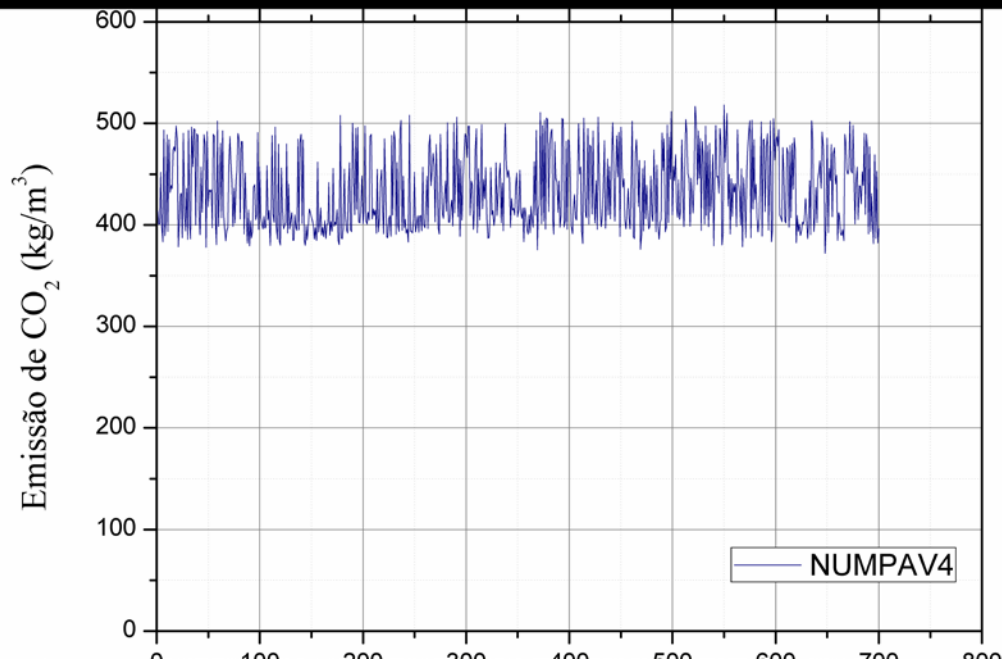


Adotando a configuração citada de dados de entrada, foi processado o exemplo padrão para avaliar o comportamento dos dados com relação à emissão de CO₂. O nome do arquivo de saída referente ao padrão adotado é o NUNPAV4, e os resultados da última geração são apresentados na Figura 5.2.

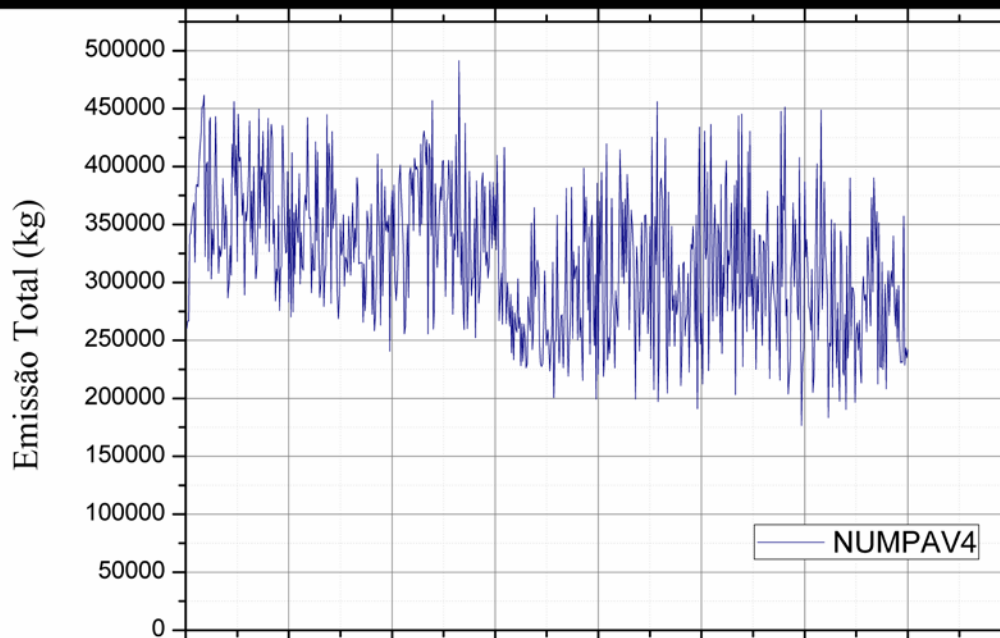
Todos os gráficos que serão apresentados a seguir em que se encontra no eixo das ordenadas à emissão de CO₂ por m³ se referem somente à emissão do concreto pré-moldado e do aço utilizado neste. Nos gráficos onde a Emissão Total está presente no eixo das ordenadas, a informação apresentada se refere à emissão total do edifício considerando todas as parcelas influentes citadas na Equação 4.1.

Na Figura 5.2 a) pôde-se notar que há uma variação dos resultados de emissão em torno de uma média, aproximadamente 433 kg/m³. Já na Figura 5.2 b), a amplitude da variação dos resultados é maior do que em a), e a média encontrada de emissão total foi de aproximadamente 319.000 kg. Como dito anteriormente, os algoritmos genéticos fornecem uma família de resultados, não apenas um único, cada resultado é chamado de indivíduo. Em relação ao valor de 433 kg/m³, Wright (2011), faz uma análise com 8 amostras de concretos normalmente utilizados, e constata que a emissão de CO_{2e} (CO₂ equivalente) varia entre 215 kg/m³ a 501,8 kg/m³. Sendo assim, este valor de 433 kg/m³ encontra-se dentro da faixa apresentada por Wright (2011). Como informação adicional, para medida do CO_{2e} são considerados os diversos gases do efeito estufa e comparados com a quantidade de CO₂ que teria o mesmo potencial de aquecimento global (*Global Warming Potencial – GWP*).

Na Figura 5.2 a) os dados se referem apenas os dos materiais componentes do concreto pré-moldado, por isso, mesmo que a configuração estrutural mude, pelo fato de as cargas serem pequenas e o programa considerar protensão, a emissão por m³ não vai variar muito. Além disso, a função objetivo é linear, e a população inicial é suficiente para que haja uma rápida convergência para o ótimo global. Já que a taxa de aço é pequena, quem vai comandar os valores de emissão é o concreto. Na Figura 5.2 b) entram as variáveis de transporte e montagem, que irão depender, sobretudo, do tamanho dos vãos escolhidos.



a)



b)

Figura 5.2 – a) Emissão de CO₂ por m³ de concreto pré-moldado armado do edifício; b) Emissão total do edifício.



Estes resultados variam por partirem de uma geração aleatória de sequências de 0 e 1, sequênciã esta que caracteriza o indivíduo. Entretanto, mesmo partindo de uma geração aleatória, este algoritmo tem que atender uma função objetivo, como também a penalizações, além de sofrer ‘mutação’, e devido a isso que os valores oscilam em torno de uma média. Para cada indivíduo há uma configuração estrutural adotada para atender a função aptidão (função objetivo penalizada), que é alcançada de acordo com a sequênciã inicial randômica de 0 e 1 que o define, e que é posteriormente otimizada.

No indivíduo apresentado na Figura 5.3, por exemplo, foi adotada uma configuração estrutural com 4 vãos em x e em y (NX e NY), a laje direcionada em y (DL=1, pois para laje direcionada para x seria DL=0), as resistências de 20 MPa e 35 MPa para os concretos moldado no local e pré-moldado respectivamente, a altura e o vão da laje alveolar como sendo 0,09 m e 7,5 m respectivamente, a altura, base e vão da viga com 0,4 m, 0,8 m e 7,5m respectivamente, os números de cabos de aço na primeira camada (NA) e na segunda camada (NB) e o número de barras de aço passivo (NPT) como sendo 15, 12 e 2 respectivamente.

```
Variáveis Projeto individuo= 334
NumGen= 30
NX= 4
NY= 4
DL= 1
FCKCML= 20
FCKCPM= 35
HL= 0.09
LLJ= 7.50
HV= 0.40
BV= 0.80
LLV= 7.50
NA= 15
NB= 12
NPT= 2
Pentotal= 0.63E+03
Apt= 0.4094E+08
Volume Concreto (m3)= 0.71E+03
Peso total de aço (Kg)=0.33E+05
Taxa de aço Total (Kg/m3)= 0.468E+02
Emissão de CO2 do Concreto (Kg)= 0.226597E+06
Emissão de CO2 do Aço de Protensão (Kg)= 0.1372E+05
Emissão de CO2 do Aço Passivo (Kg)= 0.1367E+05
Emissão de CO2 do Transporte (Kg)= 0.229E+04
Emissão de CO2 da Montagem (Kg)= 0.2175E+04
Emissão %Concreto Pré-Moldado= 0.780E+02
Emissão %Concreto Moldado no Local= 0.203E+02
Emissão %Transporte= 0.884E+00
Emissão %Montagem= 0.842E+00
Emissão %Aço de Protensão= 0.531E+01
Emissão %Aço Passivo= 0.529E+01
Emissão de CO2 Total (Kg)= 0.258447E+06
Emissão de CO2 da Estrutura/m3 (Kg/m3)= 0.402201E+03
```

Figura 5.3 – Configuração estrutural de um indivíduo qualquer.

Na Figura 5.3, que apresenta a saída de dados do exemplo padrão para um indivíduo qualquer, é possível avaliar a magnitude da contribuição de cada parcela considerada na



função objetivo, na emissão de CO₂. Como pode ser notado o concreto pré-moldado (em conjunto com o aço) ocupa a primeira posição, assumindo, neste exemplo, 78% da emissão referente ao prédio inteiro; logo após vem o concreto moldado no local, com 20,3%. Em seguida vêm os outros fatores, o transporte e a montagem, com 0,884% e 0,842% respectivamente. Foram plotados também a porcentagem referente às armaduras ativas e passivas para avaliar a influência de cada um no todo. Os valores de cada um respectivamente foram 5,31% e 5,29%, e estão inclusos na parcela referente ao concreto pré-moldado.

Para dar uma noção de como variam as configurações estruturais de cada indivíduo, no APÊNDICE A são apresentadas tabelas provenientes do processamento do edifício padrão (NUMPAV4) mostrando a configuração estrutural de cada indivíduo desta população, o que serve também para mostrar como varia solução do programa, adaptando a configuração em função das penalizações e função objetivo. Os indivíduos são ordenados de acordo com sua aptidão em ordem decrescente. Ressaltando que NX e NY são as quantidades de vãos na direção x e na direção y respectivamente. DL é a direção da laje. FCKCML e FCKCPM são as resistências à compressão dos concretos moldado no local e pré-moldado respectivamente. HL a altura da laje e LLJ o vão da laje. BV é a base da viga, HV é a altura da viga e LLV o vão da viga. NA é a quantidade de cabos de protensão na primeira camada da viga e NB na segunda. NPT é o número de barras de aço passivo. QDV é a quantidade de vigas, QDP a quantidade de pilares e QDL a quantidade de lajes.

Como o algoritmo gera a população a partir de sequências randômicas de 0 e 1, mesmo que seja processado o mesmo exemplo diversas vezes, o resultado final vai variar em cada saída de dados. Sendo assim, um mesmo exemplo foi processado diversas vezes para verificar se diversos processamentos poderiam levar a resultados muito distintos. O arquivo de dados de entrada adotado como exemplo foi o BMAX40, ou seja, o que considera uma base máxima da viga como tendo 40 cm.

As Figura 5.4 e Figura 5.5 apresentam resultados para 10 processamentos do mesmo arquivo de entrada, sendo que convergiram para o mesmo resultado, variando de forma similar. Foi obtida uma emissão de 430 kg_{co2}/m³ de concreto e a emissão total, apesar de uma maior variação em torno da média, foi de aproximadamente 321.210 kg. Isso mostra que mesmo sendo um método heurístico, e que trabalha com uma população gerada de modo randômico, após diversos processamentos todas convergem para um mesmo resultado, indicando que a otimização tende para um ótimo global. Deste modo, conclui-se que a fim

obter um resultado satisfatório, o edifício pode ser processado apenas uma vez, para o qual será fornecida uma família de resultados tão boa quanto a de qualquer outro processamento.

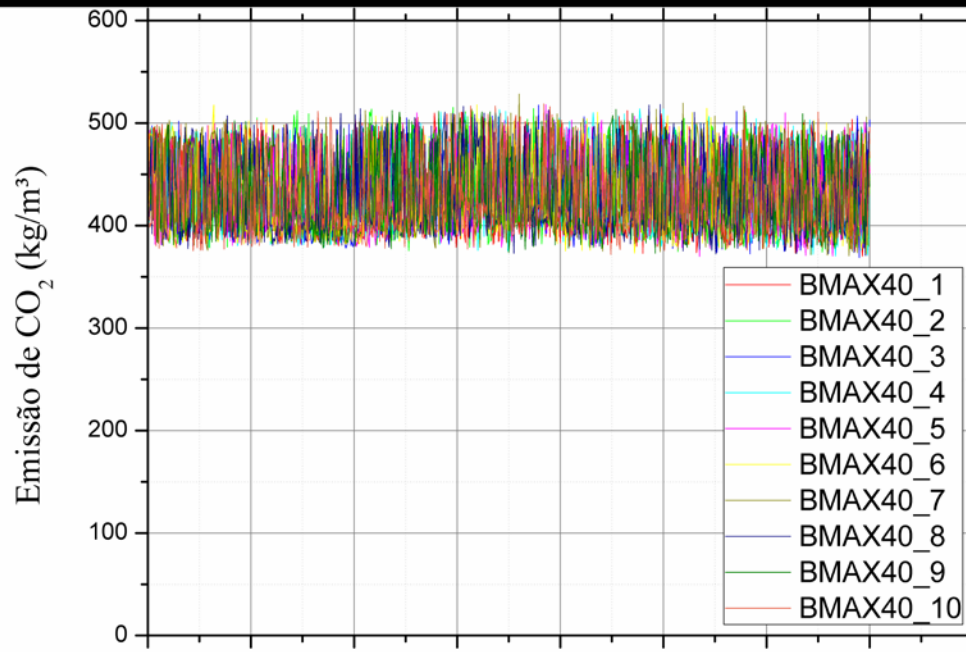


Figura 5.4 – Emissões de CO₂ por m³ de concreto pré-moldado armado, considerando a mesma característica.

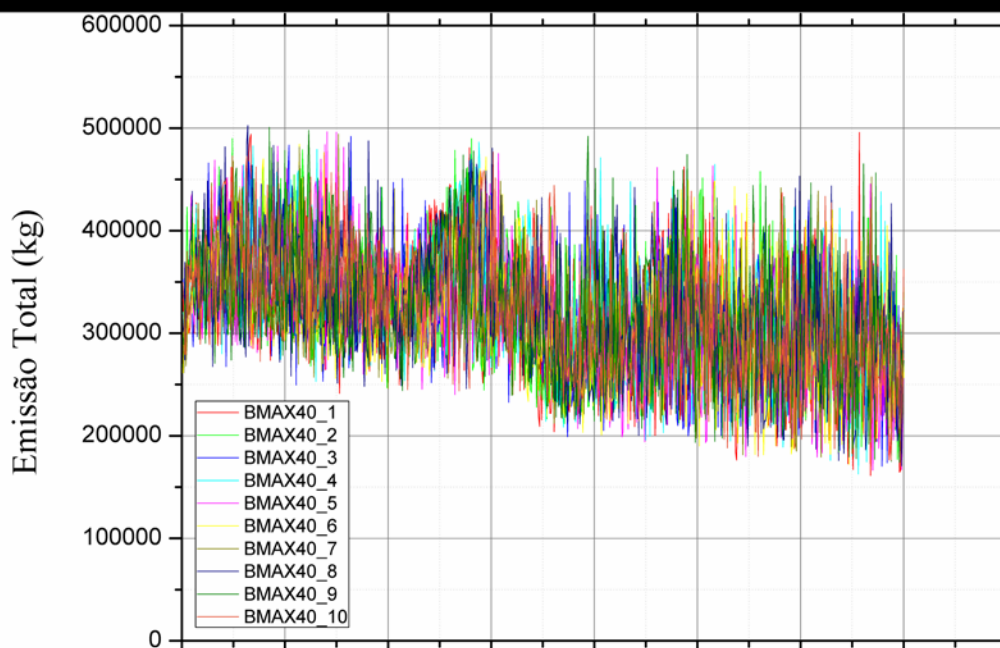


Figura 5.5 – Emissão Total considerando a mesma característica.

Seguindo a ordem dos arquivos de entrada apresentados na Figura 5.1 foram processados então os 45 arquivos e analisadas as influências das variações dos parâmetros.

É possível observar na Figura 5.6 que a emissão por metro cúbico não varia significativamente com a mudança no número de pavimentos, assumindo uma média de 432 kg/m³. Entretanto a emissão total varia, naturalmente, como pode ser visto na Figura 5.7. A média de emissão dos quatro exemplos fica em torno de 364.075 kg. O exemplo com menos pavimentos apresenta um valor aproximado de 243.660 kg, e o exemplo com mais pavimentos, 490.461 kg. Partindo do NUMPAV3, ao serem adicionados novos pavimentos, há um acréscimo médio de 35% na emissão total de CO₂.

Não há mudança significativa na emissão por m³ porque apenas a emissão referente aos materiais componentes do concreto armado pré-moldado é considerada. A montagem e o transporte dariam uma amplitude maior à variação de soluções dos indivíduos, mas proporcionariam mudanças pequenas na média de emissão, como pode ser visto pela emissão total. Além disso, as cargas são pequenas, o programa utiliza protensão, a função é linear, e a população é suficiente para que haja convergência rápida, como já foi mencionado.

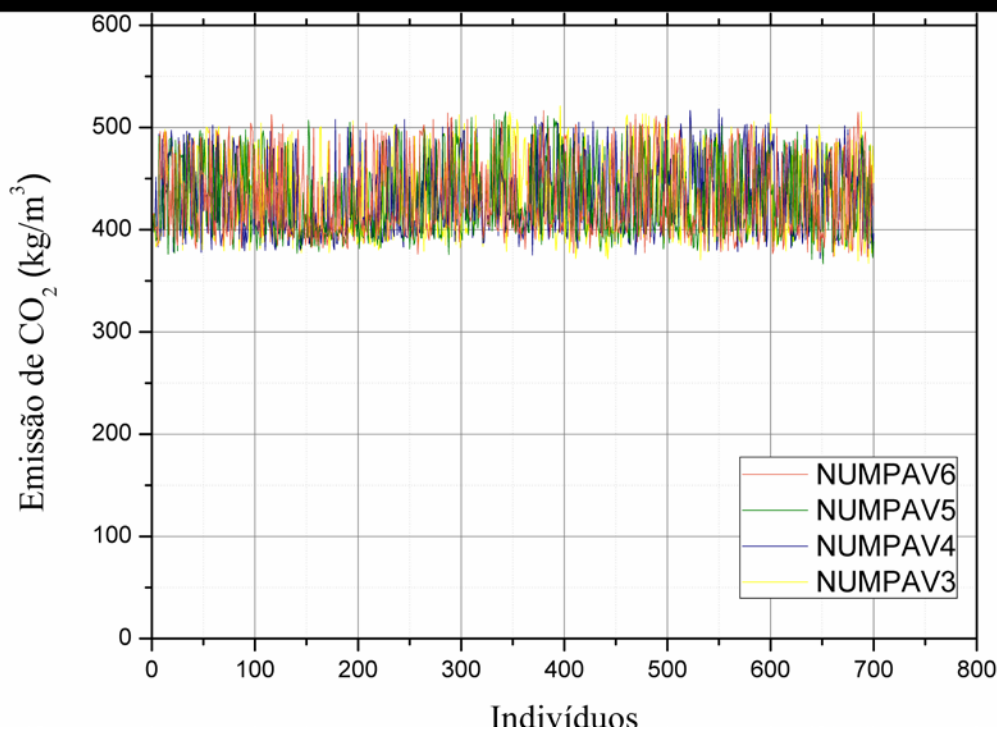


Figura 5.6 – Emissão de CO₂ por m³ de concreto pré-moldado armado variando o número de pavimentos.

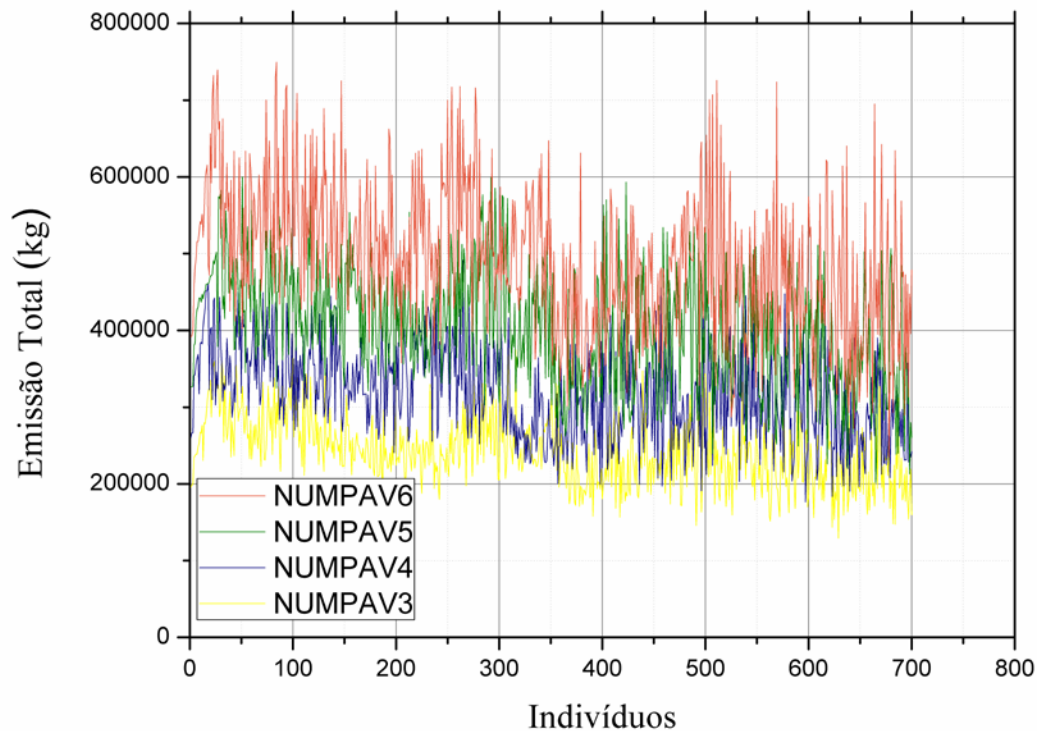


Figura 5.7 – Emissão total variando o número de pavimentos.

O próximo quesito estudado é o da modificação do espaçamento mínimo entre pilares. Ao aumentar os vãos, podem variar: a resistência do concreto; a dimensão das peças; e a quantidade de armadura de protensão e armadura passiva. A Figura 5.8 e a Figura 5.9 apresentam os gráficos referentes a estas mudanças.

Visualmente a emissão por m^3 parece não variar nessa avaliação, ficando com uma média aproximada de $429 \text{ kg}/m^3$, havendo apenas uma pequena variação. Entre os exemplos extremos, DMINX4DMINY4 e DMINX15DMINY15, essa variação é de 2%. Isso acontece pelo motivo explicitado anteriormente, referente ao tamanho da população e à utilização de mutação.

Na Figura 5.9 observa-se uma pequena variação entre as análises feitas. Em relação ao edifício padrão utilizado a variação máxima que ocorre é de aproximadamente 12%. O máximo valor médio de emissão total foi de aproximadamente 338.000 kg do exemplo DMINX4DMINY4, e o mínimo valor médio foi de aproximadamente 283.000 kg do exemplo DMINX15DMINY15. Uma diferença aproximada de 17%, o que mostra de modo significativo a influência do tamanho do vão na escolha da solução mais sustentável.

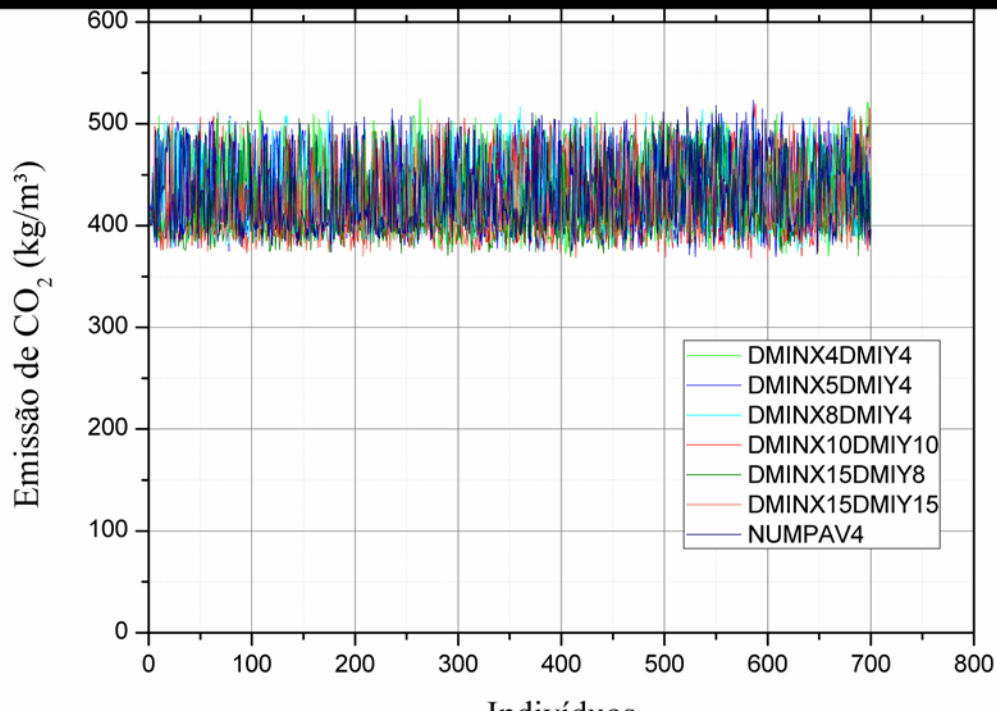


Figura 5.8 - Emissão de CO₂ por m³ de concreto pré-moldado variando o vão mínimo entre pilares.

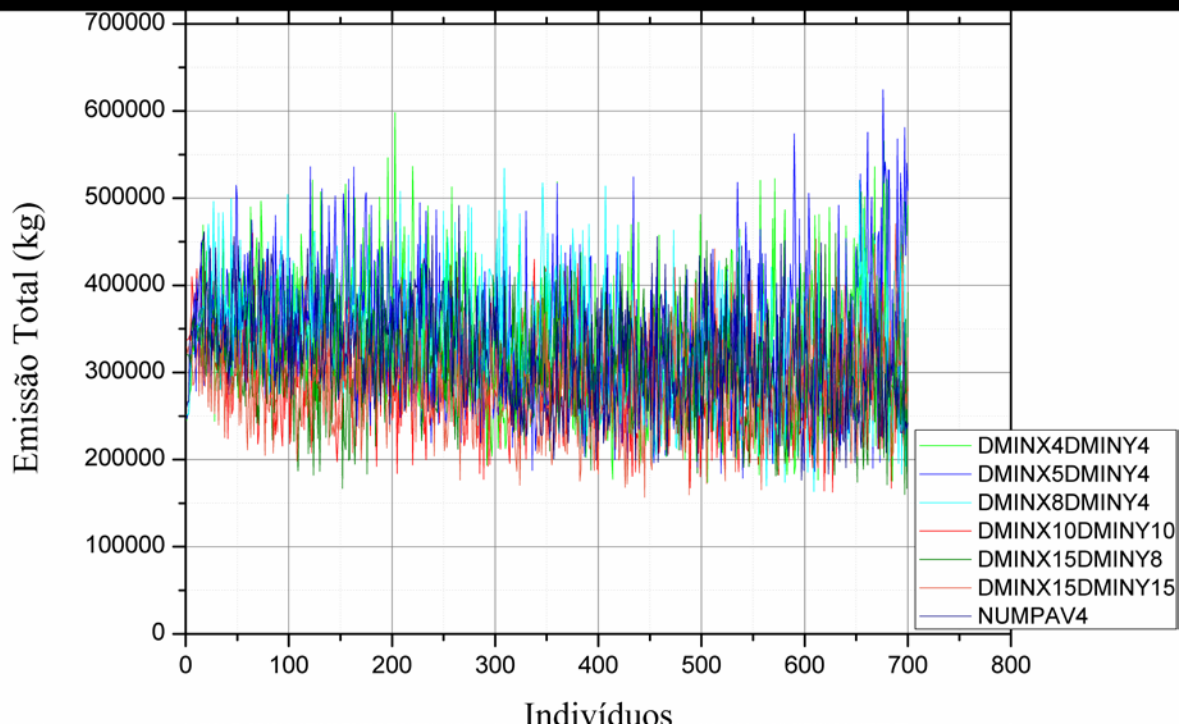


Figura 5.9 - Emissão total variando o vão mínimo entre pilares.



Seguindo a lista fornecida na Figura 5.1 a próxima análise é a de variações nas dimensões totais da obra (LX e LY).

Não é de tão fácil visualização na Figura 5.10, mas a emissão por m^3 decresce em 10% do edifício padrão para o LX100LY100. Para o LX60LY60, onde as dimensões dobram em relação ao edifício padrão, a emissão por m^3 decresce em 5%. O que está levando a este decréscimo é uma redução da taxa de aço que foi observada na saída de dados, à medida que se aumentam as dimensões totais do edifício.

Com a mudança de dimensões totais do edifício, a média de emissão por m^3 fica em torno de $427 \text{ kg}/m^3$, desconsiderando o edifício LX100LY100, que é um ‘ponto fora da curva’ e foi processado para avaliar grandes dimensões.

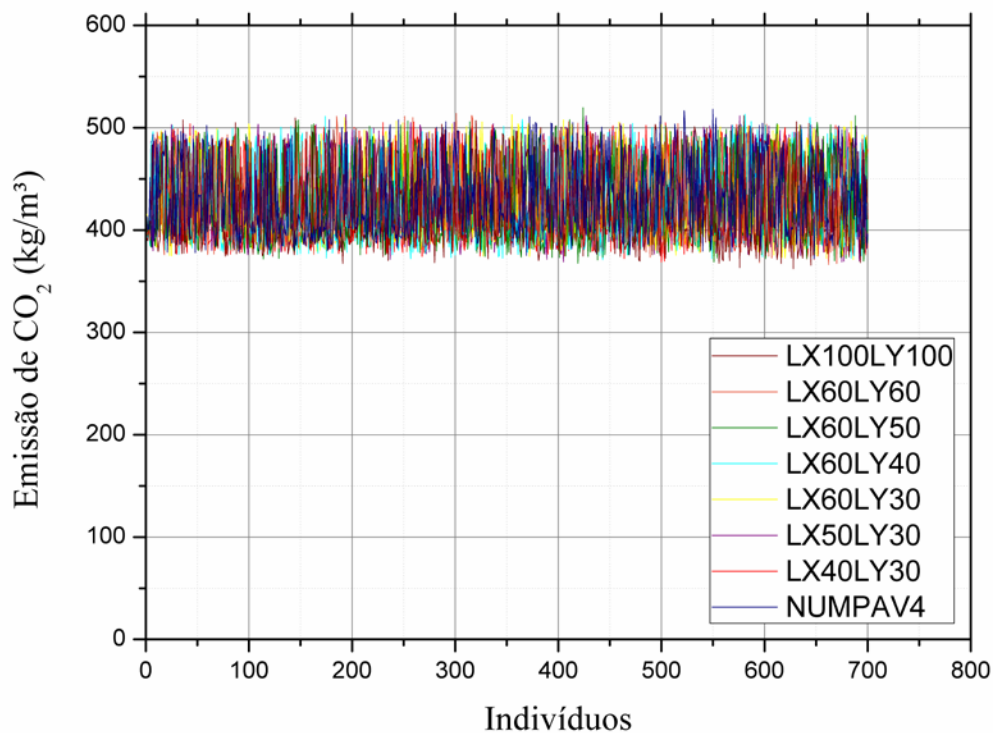


Figura 5.10 - Emissão de CO_2 por m^3 de concreto pré-moldado variando as dimensões totais do edifício.

Já na análise de emissão total, Figura 5.11, há uma variação notória, ao ser adicionado 10 m na dimensão ‘x’, por exemplo, há um acréscimo médio de 30% na emissão total. Com o edifício tendo 60 m na direção ‘x’, ao serem adicionados 10 m na direção y o acréscimo passa



a ser de 60%. No gráfico não foi plotada a emissão referente ao edifício com 100 x 100 m, pois se distancia muito dos demais e assim o gráfico ficaria de difícil entendimento. Os valores de emissão do exemplo de 100 x 100 m são: uma média de 3.000.000 kg de CO₂; e um acréscimo de 575% em relação ao edifício anterior (60 x 60 m).

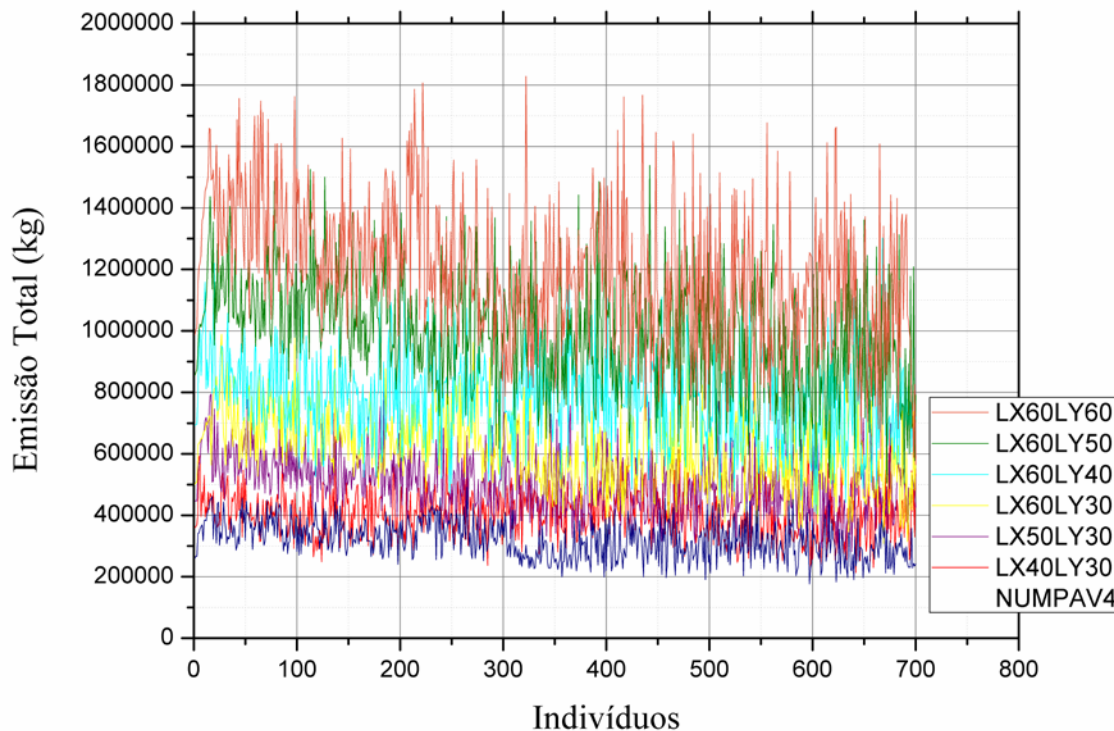


Figura 5.11 - Emissão total variando as dimensões totais do edifício.

O grupo seguinte de análises feitas é o de variação na altura da viga (HMAX), e os resultados correspondentes a emissões por m³ e emissões totais são apresentados nas Figura 5.12 e Figura 5.13

Na Figura 5.12 observa-se também que não há variação na emissão por m³, apresentando uma média de 430 kg/m³. Inclusive nota-se que este valor médio tem sido o padrão encontrado nas estruturas otimizadas. O que já se apresenta como um mínimo global de emissão por m³, levando em consideração a configuração estrutural adotada, a função objetivo, as penalizações e o critério de parada estabelecido.

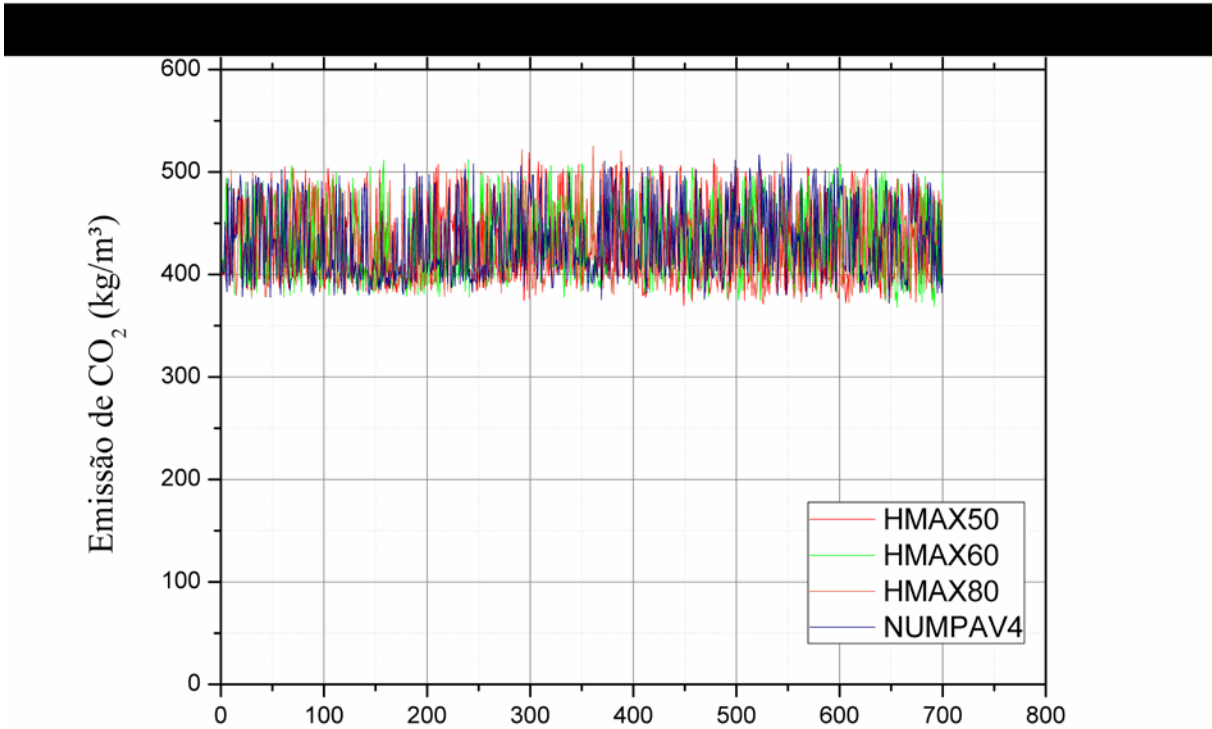


Figura 5.12 - Emissão de CO₂ por m³ de concreto pré-moldado variando a altura máxima da viga.

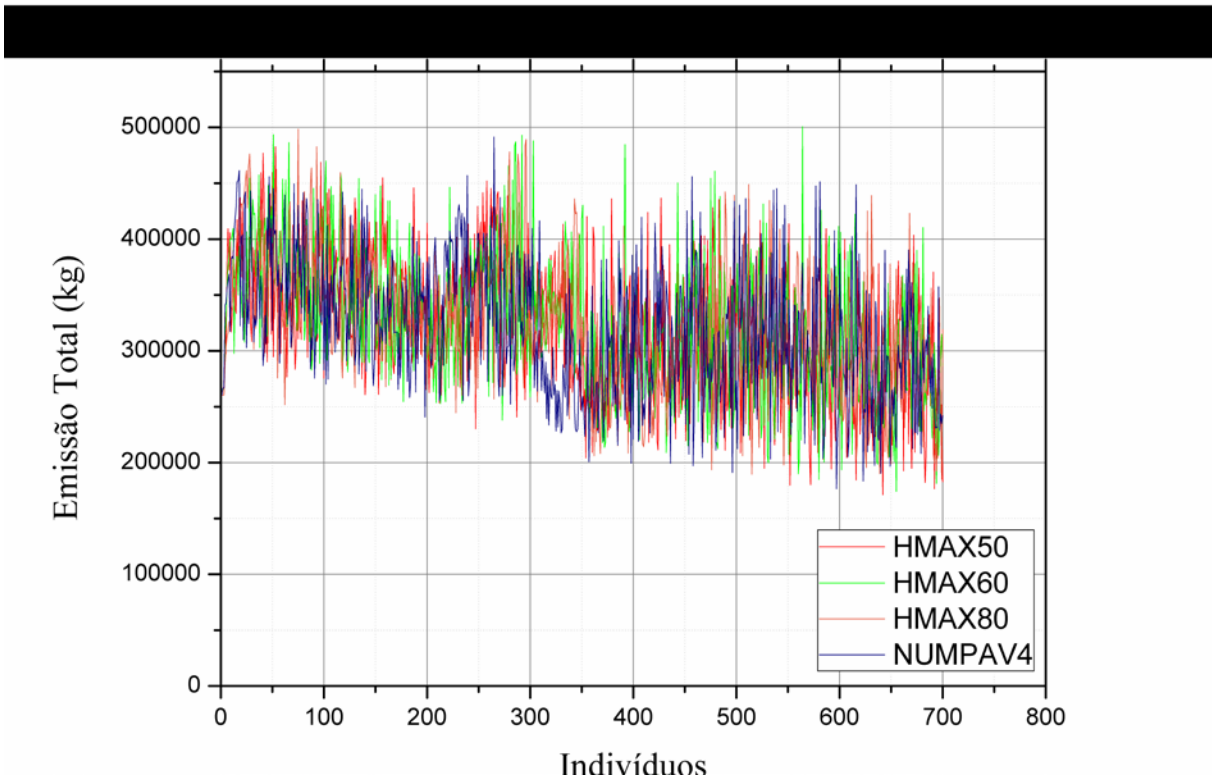


Figura 5.13 - Emissão total variando a altura máxima da viga.

Na Figura 5.13 observa-se que a variação na altura máxima da viga não é importante no resultado final de emissão. A variação encontrada entre cada mudança (10 cm de um para o outro) foi de aproximadamente 1,5%, muito pouco comparada às outras avaliações. Isso demonstra que, considerando a protensão nas vigas e lajes, e as cargas adotadas para este exemplo, uma variação de altura da viga, apesar de variar sua rigidez e, conseqüentemente, a necessidade de aço, não é fator preponderante na escolha do sistema estrutural.

O próximo grupo a ser avaliado é o de variação na base da viga (BMAX), com os respectivos gráficos de emissão por m^3 e total, apresentados pelas Figura 5.14 e Figura 5.15.

Não houve variação significativa na média da emissão por m^3 , no máximo 1%, ficando uma média semelhante a das demais avaliações, que foi de $430 \text{ kg}/m^3$. Pode-se atribuir este valor a compensações nas demais dimensões das vigas e do edifício.

Na avaliação da emissão total, nota-se que também não houve variação significativa. Em relação ao edifício padrão, estes valores variaram no máximo 4%, o que era esperado, já que, dadas as cargas atuantes, variações na base da viga não teriam muita influência no transporte e na montagem, que dependem do volume e peso das peças, e contribuem pouco para a emissão total.

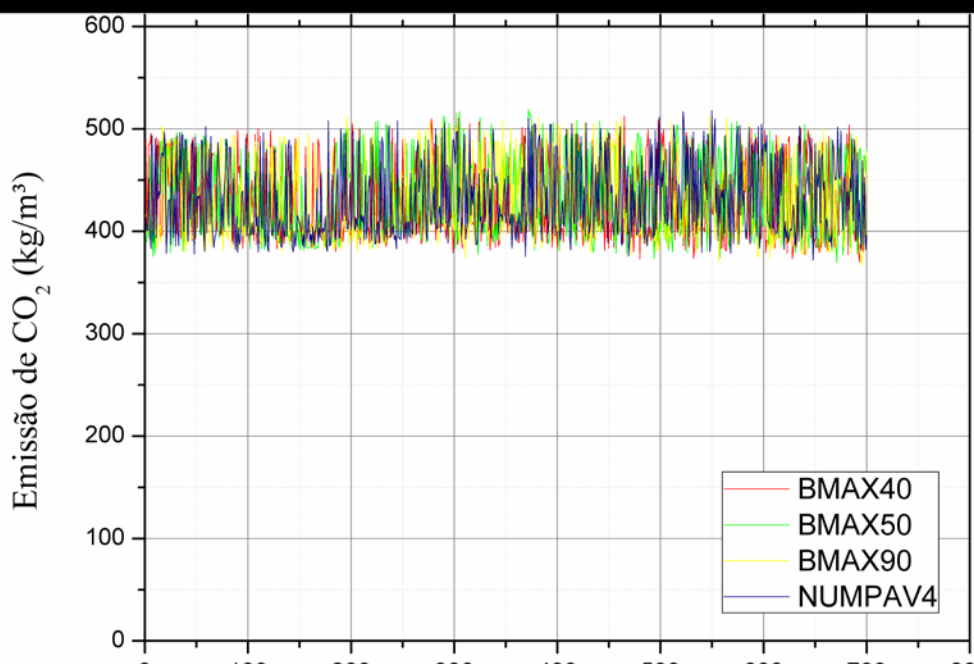


Figura 5.14 - Emissão de CO_2 por m^3 de concreto pré-moldado variando a base máxima da viga.

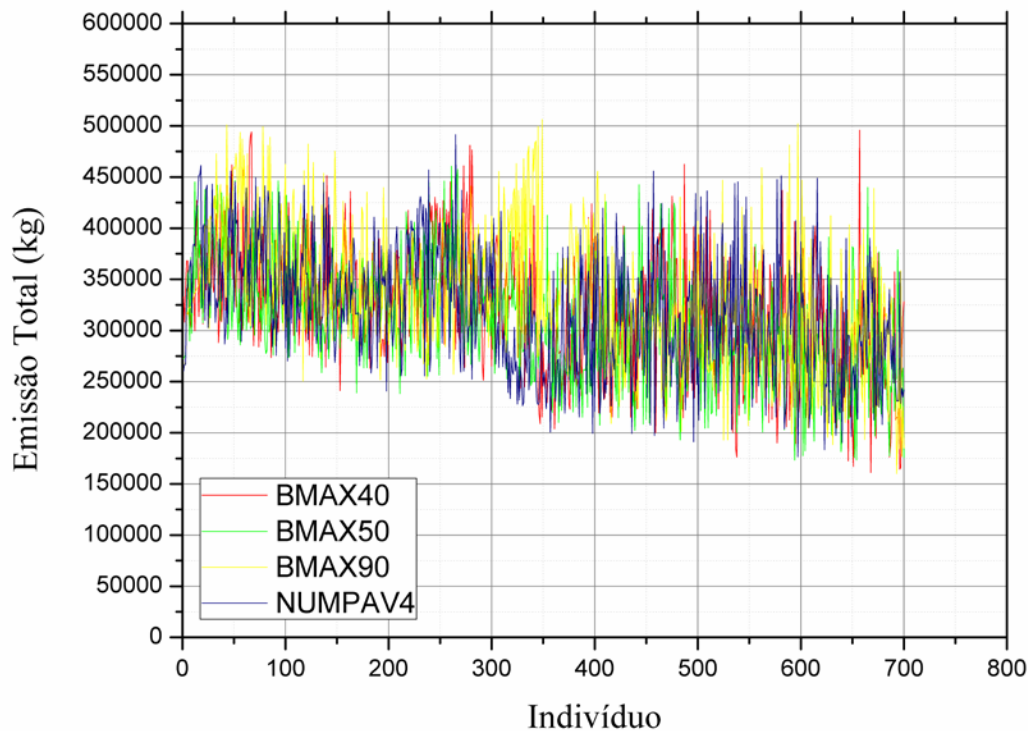


Figura 5.15 - Emissão total variando a base máxima da viga.

O próximo grupo a ser avaliado refere-se à variação de cargas: Q representa as cargas acidentais, GPR as cargas permanentes, e GPL as cargas de parede sobre lajes. Os resultados são apresentados nas Figura 5.16 e Figura 5.17.

Como também não houve variação significativa, considerou-se um caso com cargas muito altas, Q10GPR10GPL10 para ver se haveriam diferenças significativas nos valores de emissão total e por m^3 . Ressalta-se aqui que os valores são $1 \text{ tf}/m^2$.

Os valores de emissão por m^3 deram também próximos da mesma média dos demais exemplos processados, $432 \text{ kg}/m^3$. Já os de emissão total resultaram em valores muito próximos, até no caso de carga adicionado, onde cargas são muito altas, os valores se apresentaram próximos aos demais, distanciando-se em apenas 12% do edifício padrão. A diferença entre os outros casos de carga adotados desde o início e o edifício padrão não passou de 2%. Logo, pode-se extrair que, considerando a finalidade, e as configurações estruturais do edifício, variações nas cargas não se mostraram tão expressivas na emissão total de CO_2 do edifício.

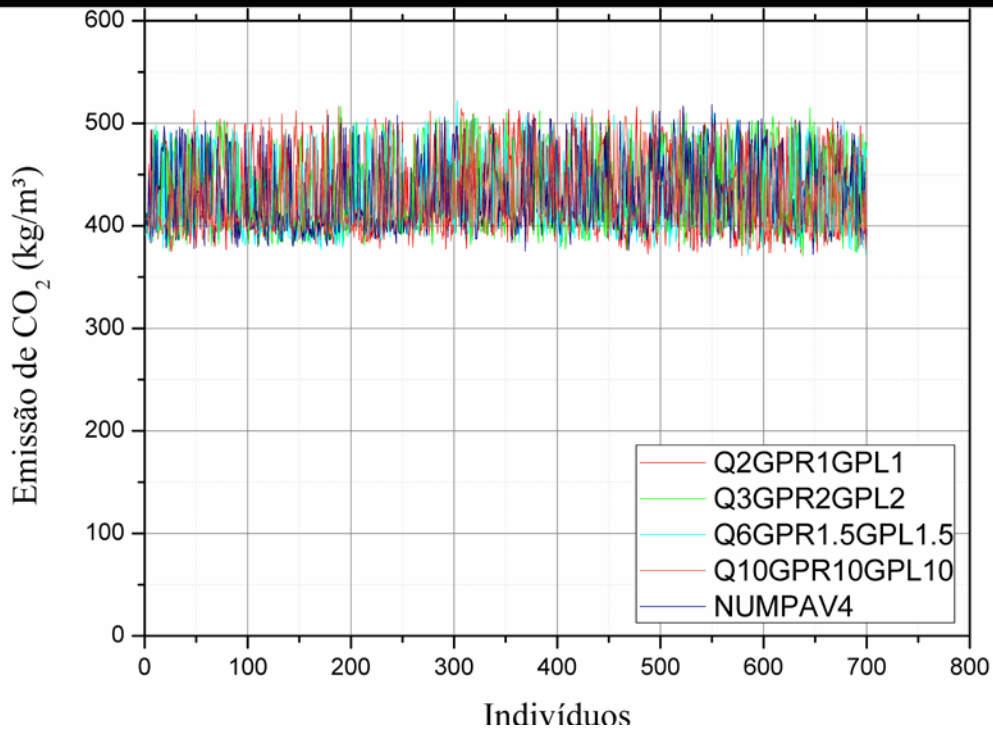


Figura 5.16 - Emissão de CO₂ por m³ de concreto pré-moldado variando as cargas atuantes.

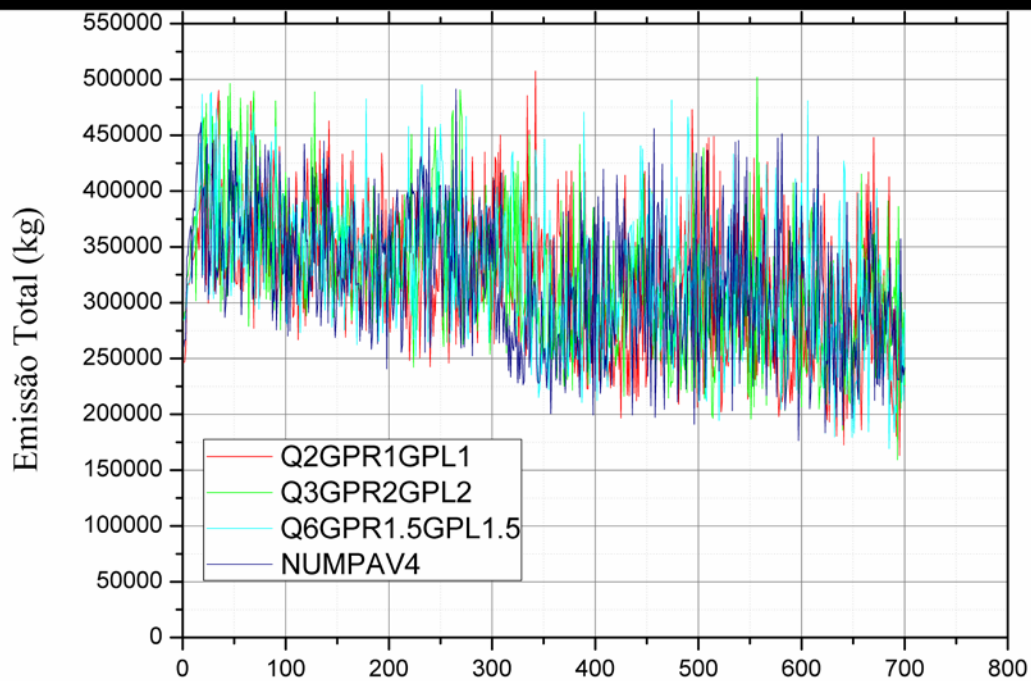


Figura 5.17 - Emissão total variando as cargas atuantes.

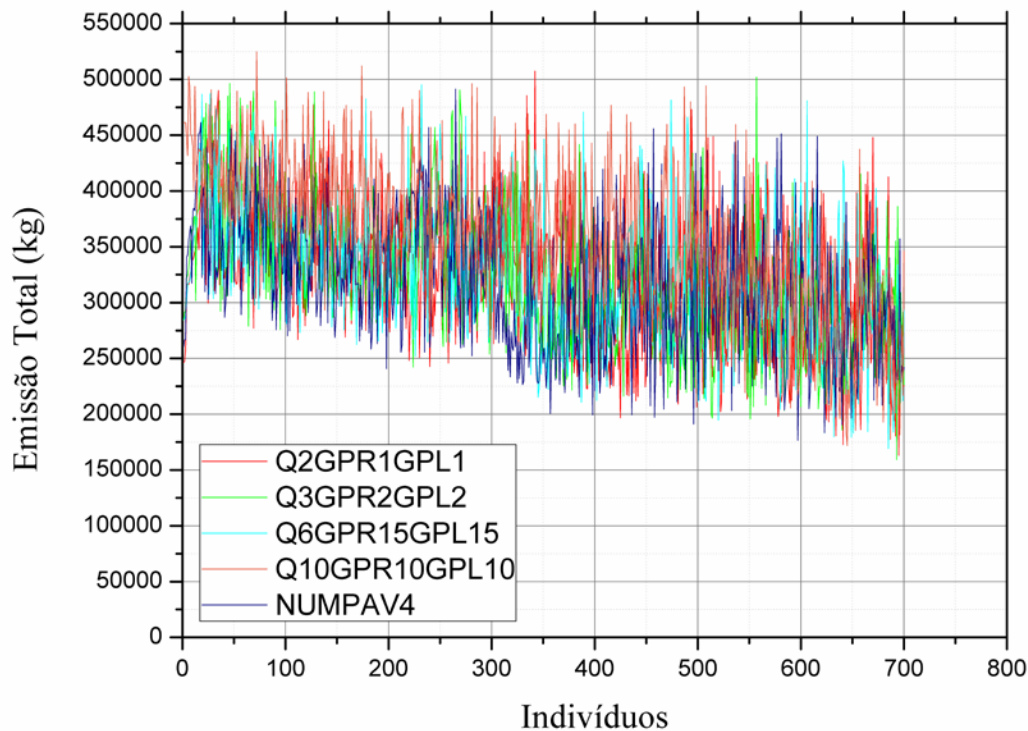


Figura 5.18 - Emissão total variando as cargas atuantes, com um caso de carga adicional.

Pode-se verificar até aqui que os dados resultam em valores próximos. Isso se deve pelas compensações dos demais valores que não foram modificados, ou seja, já que o ponto que se modifica são as cargas, os outros pontos, como f_{ck} , vão entre pilares, dimensões das peças, e quantidade de aço, por exemplo, são modificados para atender a função aptidão, em outras palavras, atender à função objetivo, que é a redução da emissão de CO_2 , respeitando as exigências estruturais. Pode-se notar que os exemplos onde houve maior divergência nos valores de emissão total foram aqueles em que apesar da compensação nas configurações da estrutura, não haveria a possibilidade de que a emissão total convergisse para determinado valor médio. Estes exemplos são aqueles em que foram modificados as dimensões totais da estrutura e o número de pavimentos.

O próximo grupo de análises refere-se aos exemplos processados variando-se a distância da fábrica de pré-moldados à obra. Os resultados são apresentados nas Figura 5.19 e Figura 5.20.

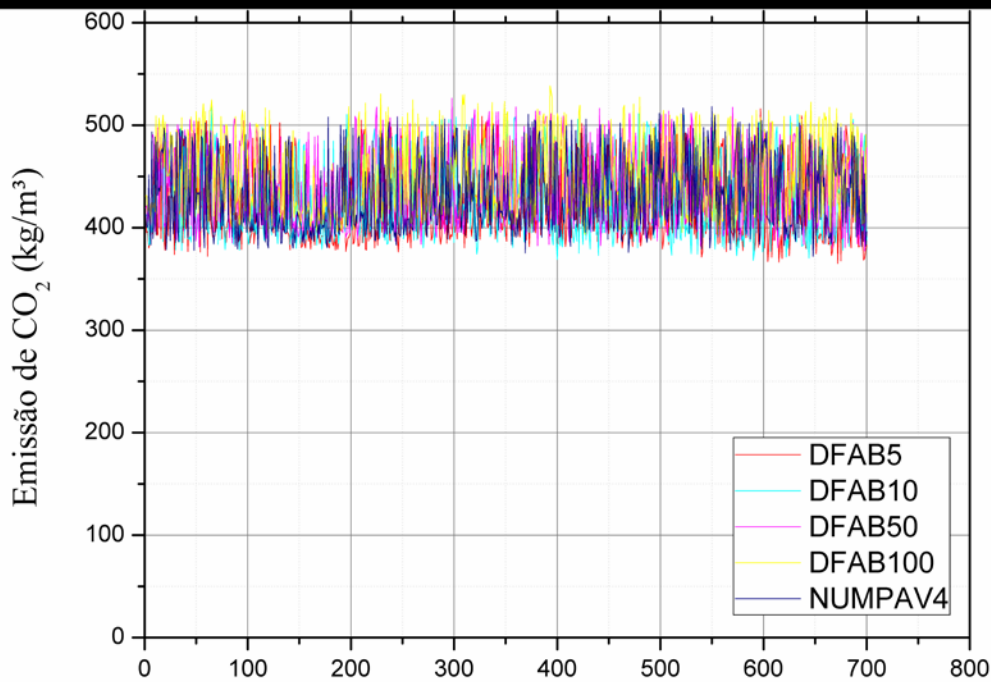


Figura 5.19 - Emissão de CO₂ por m³ de concreto pré-moldado variando a distância da obra até a fábrica.

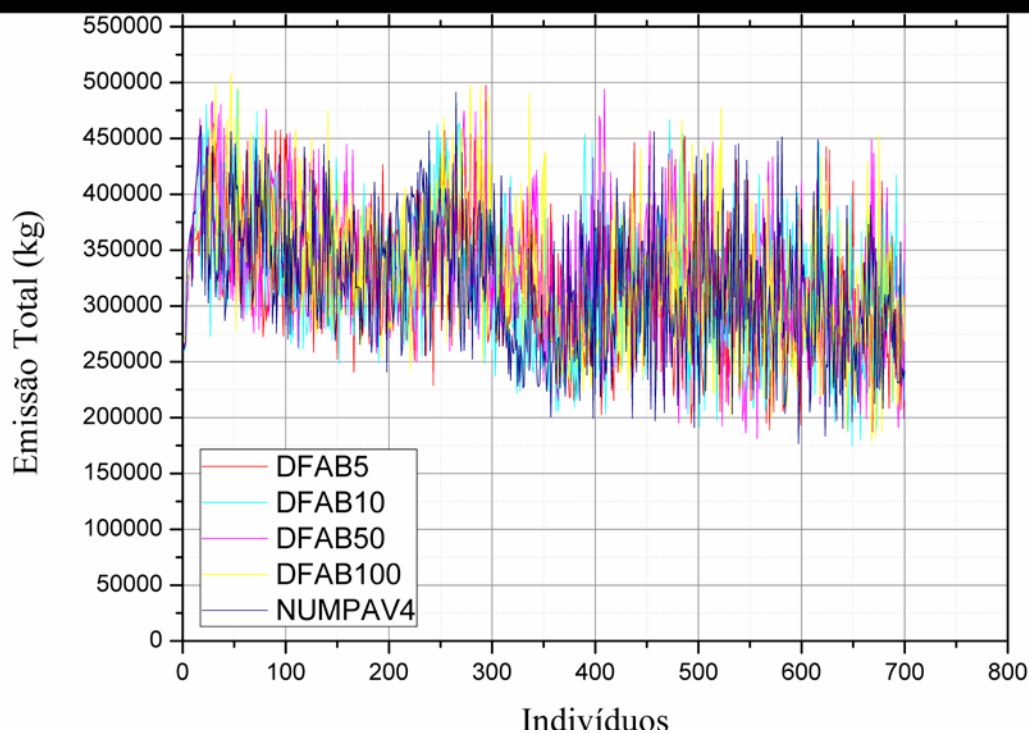


Figura 5.20 - Emissão total variando a distância da obra até a fábrica.



Neste exemplo (Figura 5.19), pelos mesmos motivos abordados anteriormente, nota-se que também não há variação na emissão por m^3 , ficando em uma média semelhante à dos demais exemplos, 431 kg/m^3 .

Na emissão total, Figura 5.20, a variação entre cada exemplo, partindo do DFAB5 ao DFAB100, chega a no máximo, aproximadamente, 2,5%, e a variação entre o exemplo DFAB100 e o edifício padrão adotado é de aproximadamente 4%. A média de emissão total fica em torno de 323.573 kg , não se mostrando assim, a distância entre a fábrica e a obra, como grande influente na decisão da configuração mais adequada para uma menor emissão de CO_2 .

A Figura 5.21 e a Figura 5.22, apresentam as variações na emissão ao variar o número de indivíduos, NUMIND, da população considerada.

Foi observado que na emissão por m^3 , mesmo considerando um número pequeno de indivíduos, não houve modificação significativa, ficando numa média de 430 kg/m^3 . Nem tão pouco ao aumentar este número de indivíduos essa média variou. Na emissão total foi notada pequena variação, de no máximo 2%, inclusive para o edifício padrão. O que variou de um processamento para o outro foi o tempo levado para rodar o programa.

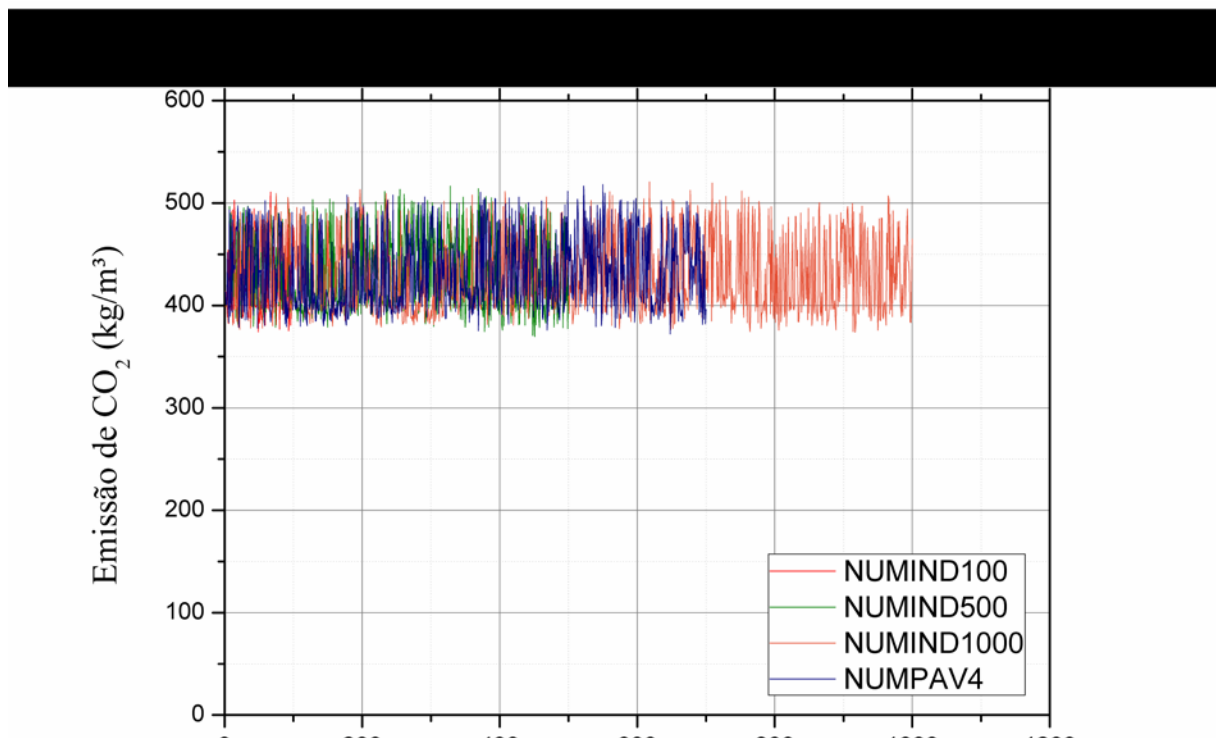


Figura 5.21 - Emissão de CO_2 por m^3 de concreto pré-moldado variando o número de indivíduos da população.

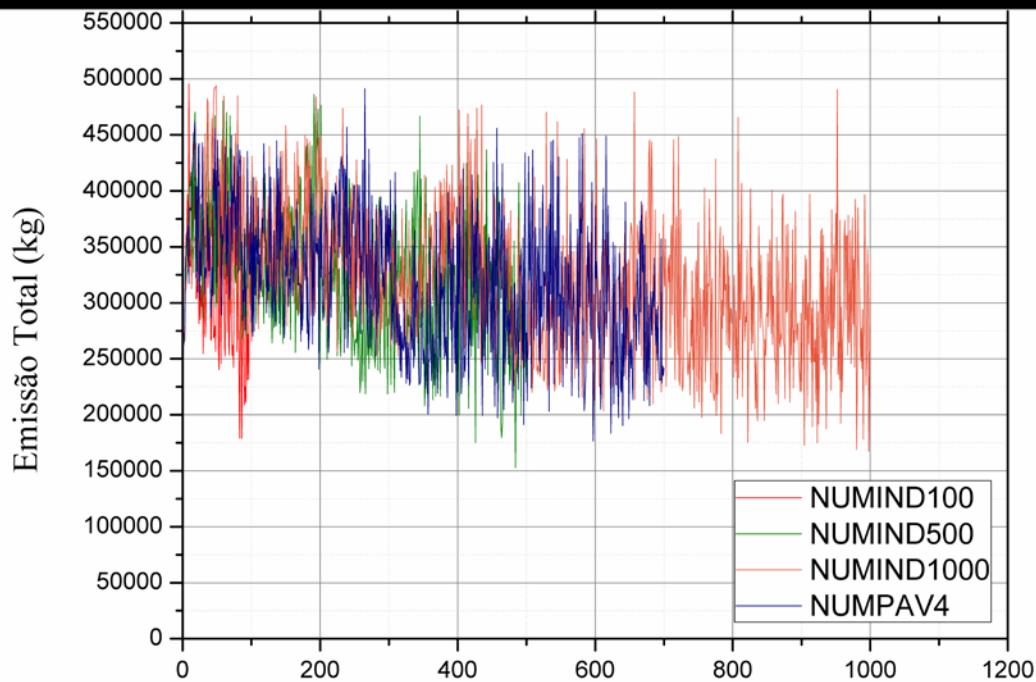


Figura 5.22 - Emissão total variando o número de indivíduos da população.

A média para o NUMIND100 de emissão total foi de 317.487 kg, no exemplo NUMIND500 esta média já sobe para 323.728 kg, e no NUMIND1000 este valor é de 321.426 kg. O máximo que se distância do edifício padrão é em 1,5%. Este valor oscila tanto pela mudança de parâmetros, quanto pela imposição de diversidade na população através da mutação, entretanto observa-se que podem ser alcançados valores satisfatórios com populações não tão grandes, que desprendem grande tempo computacional, e nem com populações muito pequenas que podem comprometer a diversidade da população.

Em seguida são apresentados as Figura 5.23 e Figura 5.24 para a análise da variação da quantidade de indivíduos escolhidos para elitismo.

Na emissão por m^3 do exemplo variando os indivíduos para elitismo, Figura 5.23, os valores permanecem próximos da média do exemplo padrão, chegando um valor de 430 kg/m^3 . Constatando ser este um valor global da otimização, assim como nos exemplos anteriores.

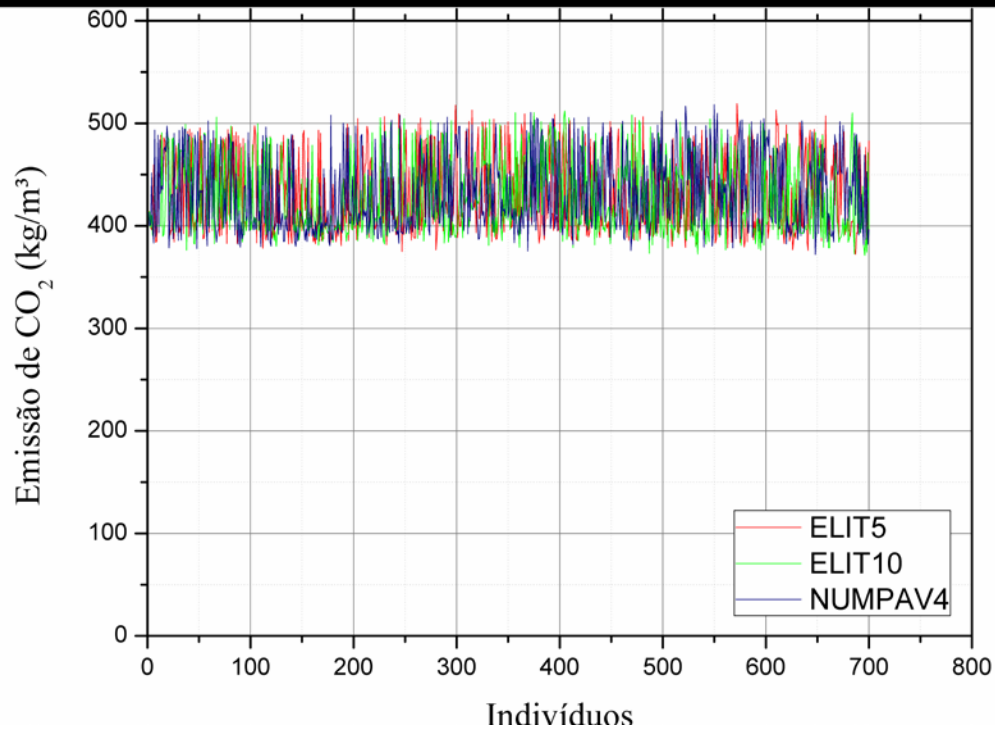


Figura 5.23 - Emissão de CO₂ por m³ de concreto pré-moldado variando o número de indivíduos para elitismo.

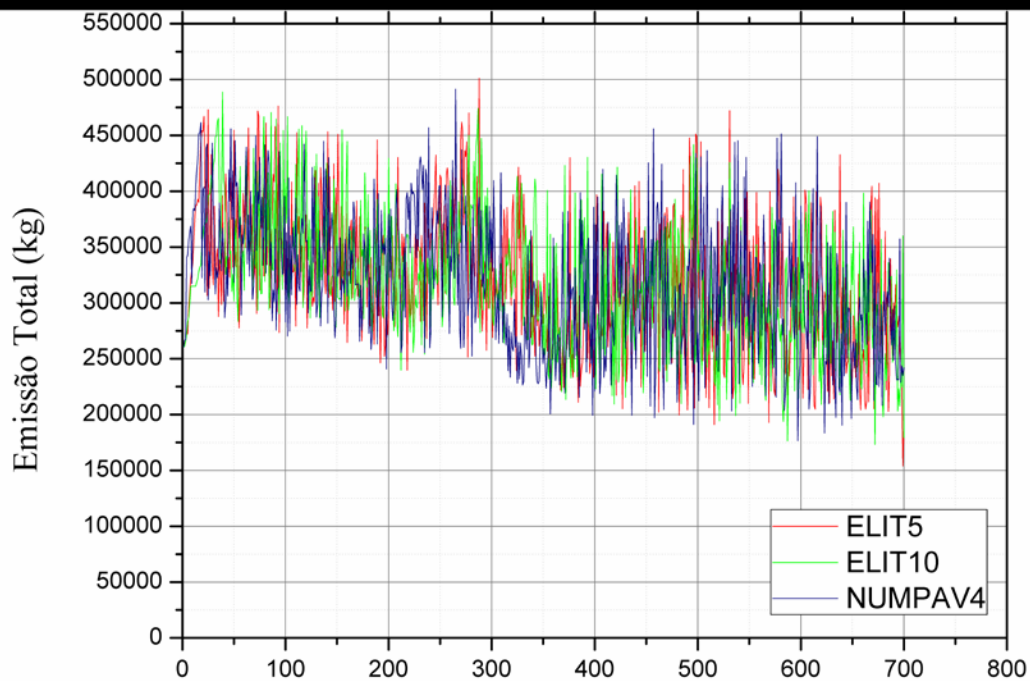


Figura 5.24 - Emissão total variando o número de indivíduos para elitismo.



A variação da emissão total é quase desprezível, aproximadamente 1%, e assume um valor próximo da média do exemplo padrão, alcançando um valor de 319.515 kg. Deve-se ressaltar que o valor da média do exemplo padrão é de 319.357 kg. Isso ocorre porque a convergência o número maior de indivíduos para elitismo ocorre mais rápido. Os valores finais são próximos do exemplo padrão. O que vai variar é a geração em que a convergência para este ótimo global ocorre, sendo tanto mais rápida quanto mais indivíduos elitizados houver.

O próximo grupo de exemplos a serem avaliados são os referentes a variação no número máximo de gerações, MAXGER. Os gráficos referentes a estas análises são apresentados pelas Figura 5.25 Figura 5.26.

Ao observar o gráfico da Figura 5.25, nota-se que mesmo ao variar o número de gerações o valor médio permanece muito próximo da média do edifício padrão, 431 kg/m³ e não se distinguem entre si.

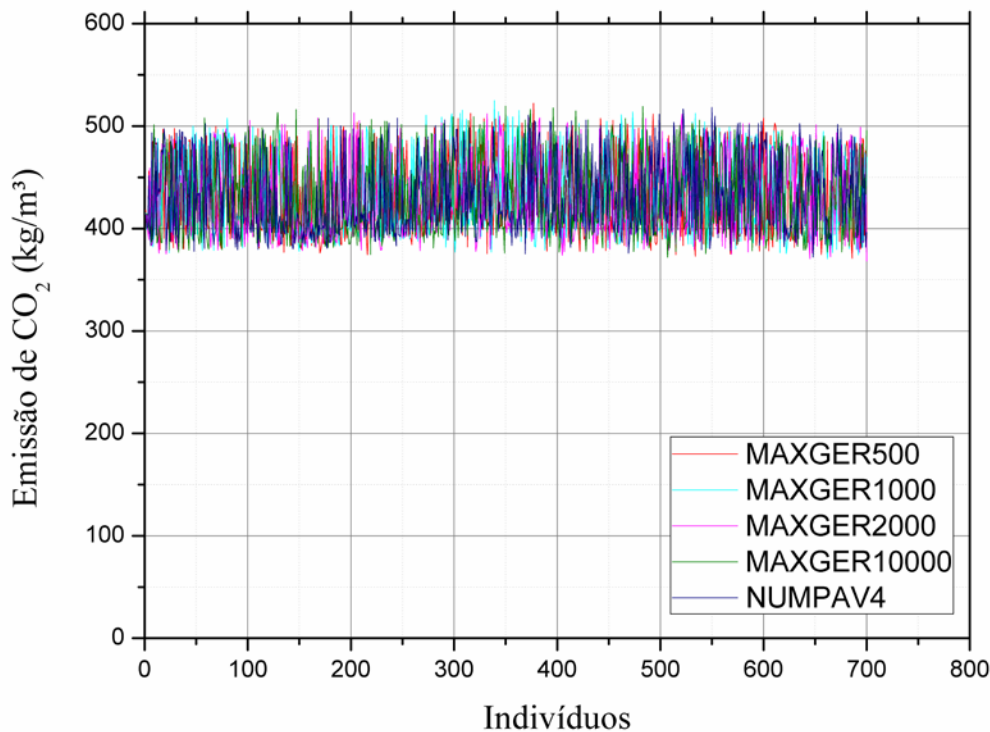


Figura 5.25 - Emissão de CO₂ por m³ de concreto pré-moldado variando o número de gerações.

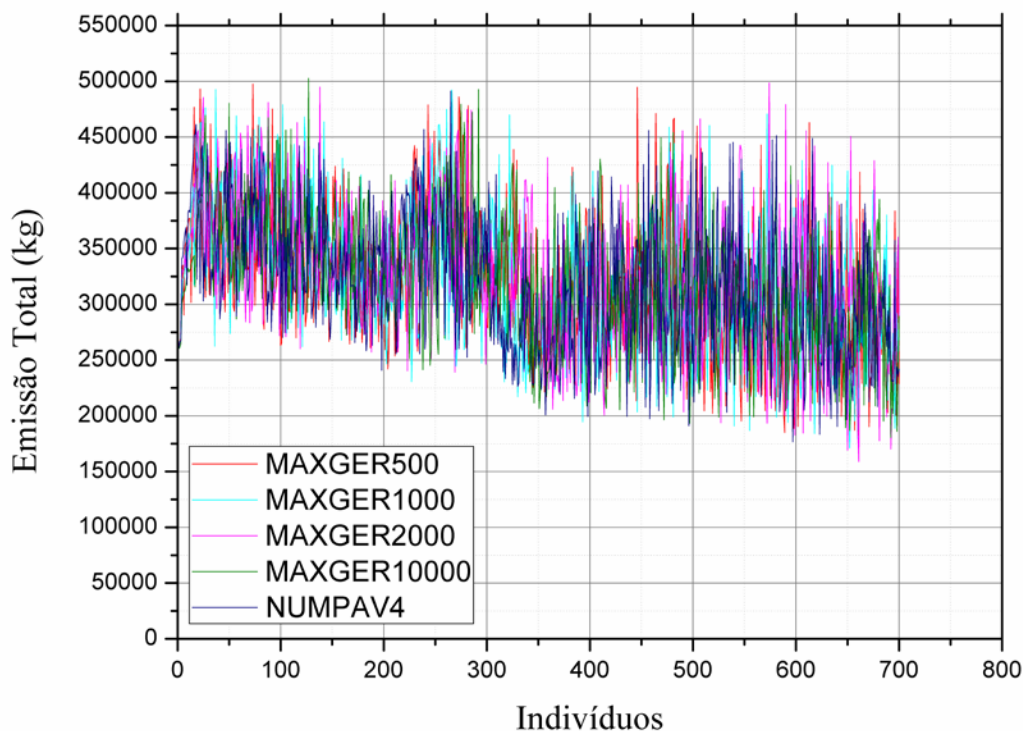


Figura 5.26 - Emissão de total variando o número de gerações.

Na Figura 5.26 observa-se o mesmo comportamento, não há variação entre os exemplos ao se variar o número de gerações. A média dos exemplos assume o valor de 321.755 kg, muito próximo da média do edifício padrão, aproximadamente 319.357 kg. Isso ocorre porque a função objetivo é linear, e porque o número de indivíduos é alto para esta função, então a convergência ocorre muito rapidamente. Então assim como nos demais exemplos processados, o valor médio de emissão total circunda em torno do valor médio do edifício padrão, atestando, como mencionado anteriormente, que este valor é um ótimo global.

Com o intuito de averiguar um comportamento distinto, foi processado um exemplo adicional, com um número de população de 50 indivíduos, e um número máximo de 100 gerações. O gráfico referente a este processamento é apresentado na Figura 5.27.

Nota-se que o exemplo adicional se distancia dos demais, mostrando que ainda não houve a convergência para o valor global, já que não houve gerações suficientes para isso. Além disso, com baixos valores de gerações e de população o gráfico mostra um resultado próximo da geração inicial de população aleatória, por isso também se distancia, entretanto a

função objetivo é linear, então a convergência ocorre de forma rápida, e por isso esta distância não é tão grande.

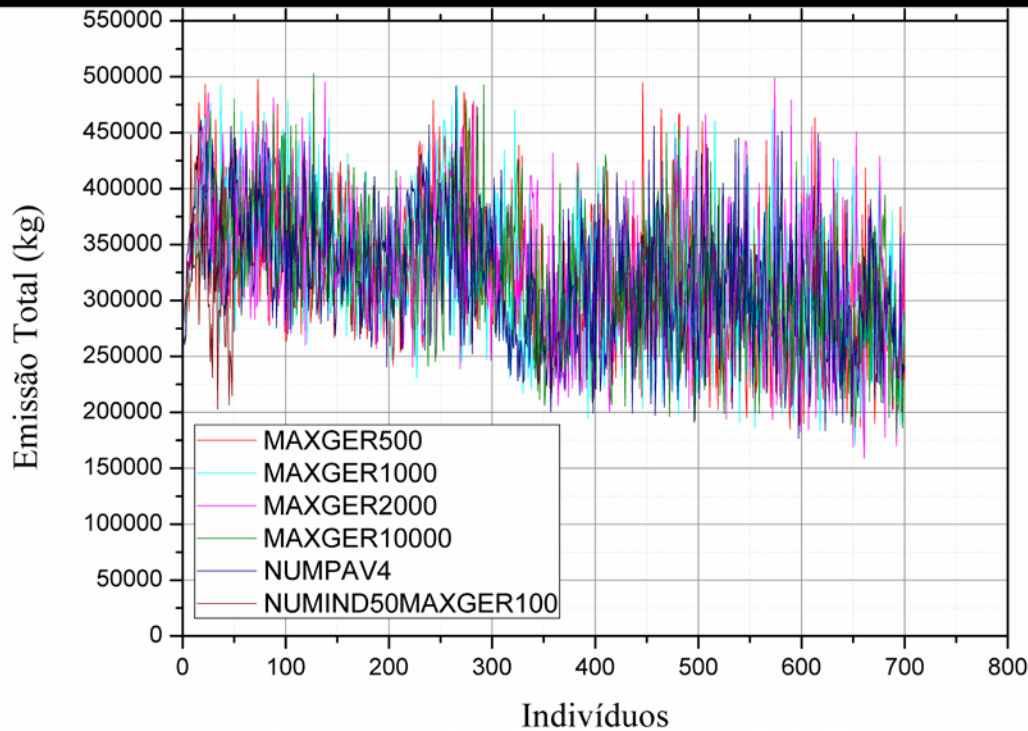


Figura 5.27 - Emissão de Total variando o número de gerações com um exemplo adicional.

As Figura 5.28 Figura 5.29 apresentam o comportamento dos exemplos de variação de taxa de cruzamento, CRUZ, processados.

Como nos demais exemplos, o valor médio de emissão por m^3 não assume valor tão distinto da média do edifício padrão, mesmo ao variar a taxa de cruzamento, apresentando um valor de $430 \text{ kg}/m^3$. Na emissão total a média encontrada entre todos os exemplos foi de 312.781 kg , aproximadamente 2% abaixo da média do edifício padrão. O menor valor encontrado para emissão foi no exemplo CRUZ20, que foi de 304.657 kg , e se distancia em aproximadamente 5% da média do edifício padrão. Isso ocorre, pois ao diminuir a taxa de cruzamento, diminui-se também a diversidade da população. Poucos indivíduos escolhidos para o cruzamento faz com que haja uma tendência a demorar mais para atingir o ótimo global, ou muitas vezes não atingir com um critério de parada precoce. Partindo da população inicial gerada aleatoriamente, se poucos forem cruzados entre si, para que a população inteira seja “aprimorada” demora mais tempo do que com uma taxa de cruzamento alta.

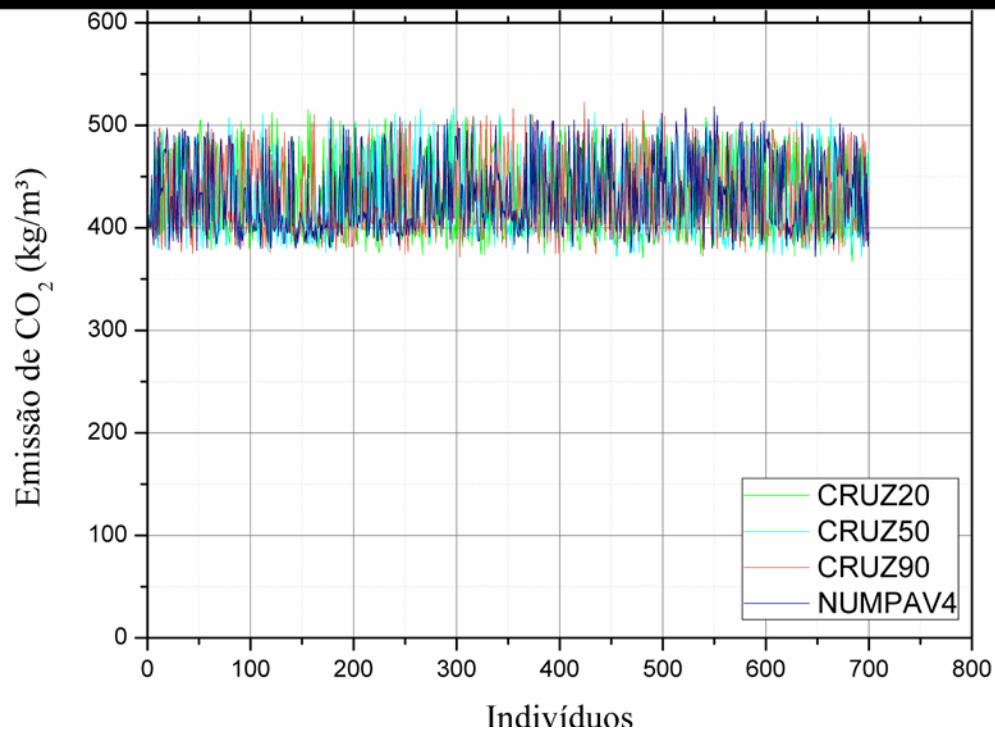


Figura 5.28 - Emissão de CO₂ por m³ de concreto pré-moldado variando a taxa de cruzamento.

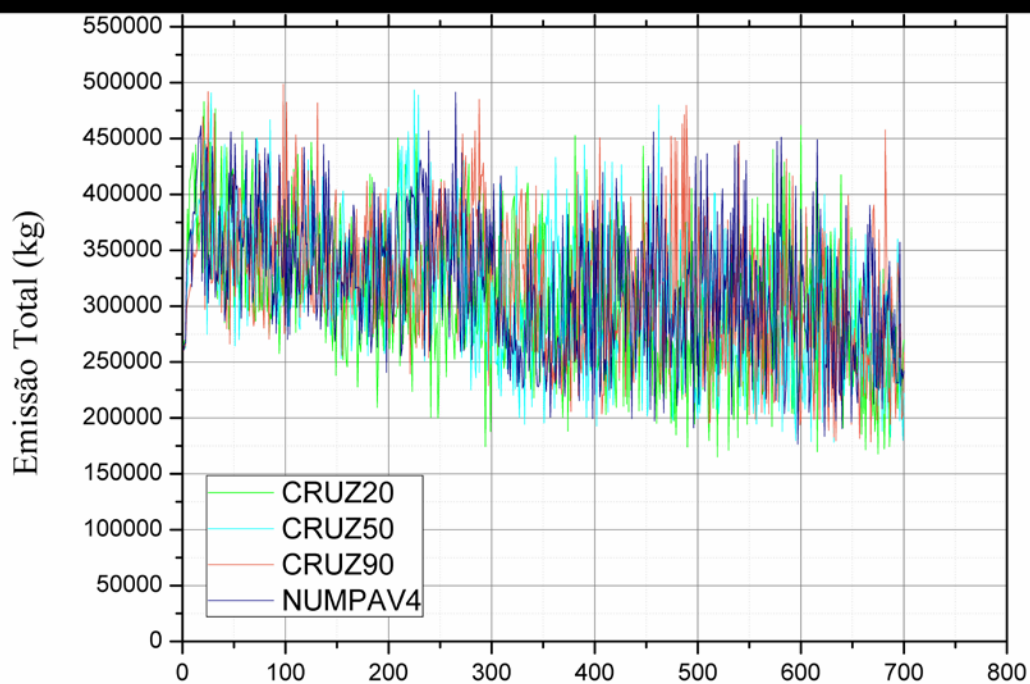


Figura 5.29 - Emissão total variando a taxa de cruzamento.



Por último, seguindo a lista apresentada na Figura 5.1, são apresentados os gráficos referentes a variações na taxa de mutação PMUT nas Figura 5.30 e Figura 5.31.

Não há variação, também neste exemplo, na média de emissão por m^3 , como pode ser notado no gráfico da Figura 5.30. A média encontrada para estes exemplos foi de aproximadamente $431 \text{ kg}/m^3$.

Há variação na emissão total quando se varia a taxa de mutação. O caso de taxa de mutação PMUT30 é o que apresenta valor mais distante da média do exemplo padrão, 295.306 kg , ou em porcentagem, aproximadamente 8%.

Atribui-se isso ao fato de que com uma maior taxa de mutação a população tende a ter grande diversidade, o espaço de busca fica maior, porém se torna mais difícil a convergência. A aleatoriedade da população muito alta implica num maior tempo computacional gasto para alcançar o ótimo global. Dependendo da imposição de aleatoriedade (Mutações), pode nem alcançar o ótimo global, fazendo com que o espaço de busca fique sempre muito amplo.

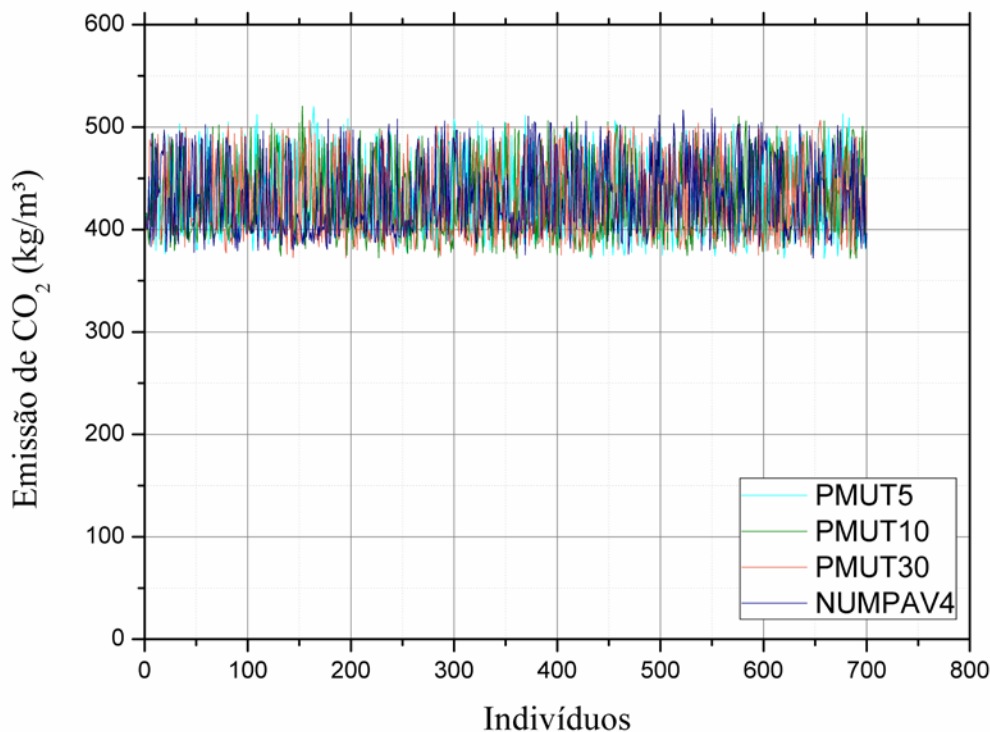


Figura 5.30 - Emissão de CO₂ por m³ de concreto pré-moldado variando a taxa de mutação.

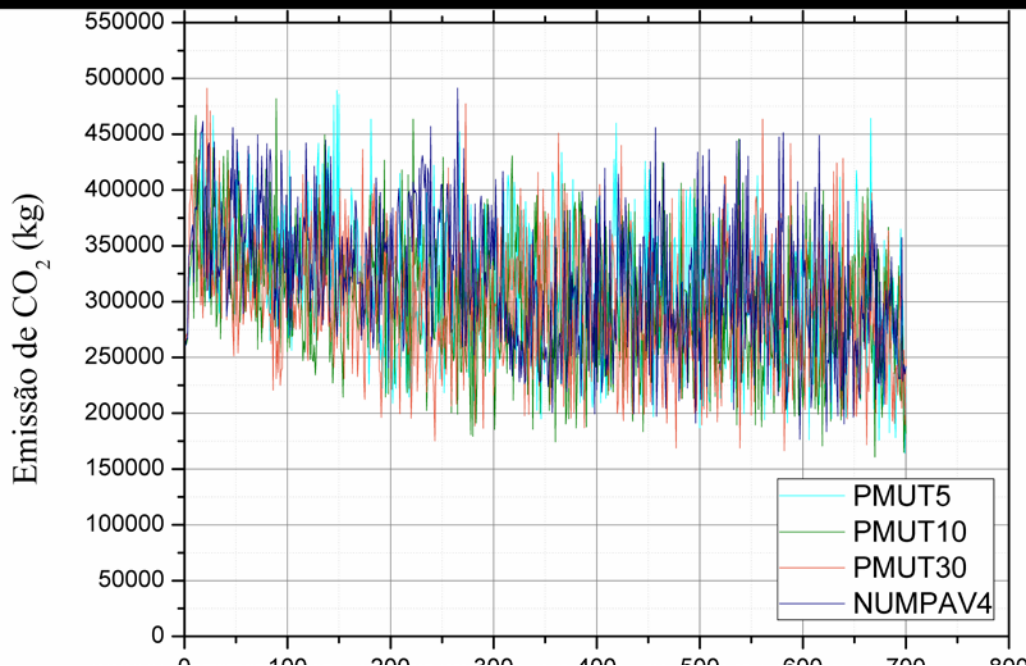


Figura 5.31 - Emissão Total variando a taxa de mutação.

A partir dos resultados pode-se avaliar quais são as variáveis que influenciaram na obtenção da estrutura menos poluente, no quesito emissão de CO₂. O número de pavimentos claramente tem importância significativa, pois é uma proporção clara, quanto mais pavimentos mais emissão, assim como as dimensões totais da obra, que também tem uma proporção fácil de ser notada. Além desses, o outro parâmetro que ao ser variado apresenta uma diferença significativa na emissão total é a de dimensões mínimas entre pilares, que apresenta uma diferença máxima entre os exemplos de 17%, o que pode significar algo em torno de 48.110 kg de CO₂. As variações dos demais exemplos, quando modificados, são menos expressivas, embora ainda assim sejam importantes na tomada de decisões.

Nos demais exemplos, o máximo valor que se apresenta de variação de emissão total ao ser variado o parâmetro é de aproximadamente 5%, contudo os valores apresentados servem de referência para a escolha da solução mais adequada. É válido lembrar que estas análises foram feitas para um edifício com as configurações estruturais apresentadas no item 4.1 deste trabalho.

A seguir é apresentada a Tabela 5.1, que contém o resumo dos processamentos dos 45 exemplos, comparando cada um com o edifício padrão adotado, NUMPAV4.



Tabela 5.1 – Resumo dos processamentos.

ARQUIVO DE ENTRADA	Emissão Total (kg)	% EM RELAÇÃO AO NUMPAV4	DESVIO PADRÃO	Emissão em kg/m ³	% EM RELAÇÃO AO NUMPAV4	DESVIO PADRÃO
NUMPAV4	319357	100%	19%	432.8	100%	9%
NUMPAV 3	243661	76%	18%	432.9	100%	9%
NUMPAV 5	402664	126%	19%	429.7	99%	9%
NUMPAV 6	490461	154%	19%	432.4	100%	9%
DMINX4DMINY4	338487	106%	22%	433.3	100%	9%
DMINX5DMINY4	338867	106%	23%	433.7	100%	9%
DMINX8DMINY4	330138	103%	20%	432.1	100%	9%
DMINX10DMINY10	290612	91%	19%	423.8	98%	9%
DMINX15DMINY8	302675	95%	18%	423.9	98%	9%
DMINX15DMINY15	283178	89%	19%	424.6	98%	9%
LX40LY30	405366	127%	19%	428.1	99%	9%
LX50LY30	508452	159%	19%	430.0	99%	9%
LX60LY30	615567	193%	20%	429.7	99%	9%
LX60LY40	785454	246%	19%	428.1	99%	9%
LX60LY50	996005	312%	19%	426.5	99%	9%
LX60LY60	1190498	373%	19%	410.7	95%	9%
LX100LY100	3028992	948%	20%	391.5	90%	10%
HMAX50	320924	100%	19%	430.1	99%	9%
HMAX60	324928	102%	19%	431.9	100%	9%
HMAX80	323941	101%	19%	428.3	99%	9%
BMAX40	319280	100%	19%	428.7	99%	9%
BMAX50	308534	97%	19%	433.5	100%	9%
BMAX90	334812	105%	19%	430.0	99%	9%



Tabela 5.1 (Continuação) – Resumo dos processamentos.

ARQUIVO DE ENTRADA	Emissão Total (kg)	% EM RELAÇÃO AO NUMPAV4	DESVIO PADRÃO	Emissão em kg/m ³	% EM RELAÇÃO AO NUMPAV4	DESVIO PADRÃO
NUMPAV4	319357	100%	19%	432.8	100%	9%
Q2GPR1GPL1	320346	100%	19%	431.7	100%	9%
Q3GPR2GPL2	324655	102%	19%	433.5	100%	9%
Q6GPR15GPL15	324499	102%	19%	431.2	100%	9%
DFAB5	317592	99%	18%	423.9	98%	9%
DFAB10	319913	100%	18%	428.8	99%	9%
DFAB50	328468	103%	18%	437.5	101%	9%
DFAB100	332534	104%	19%	447.5	103%	8%
NUMIND100	317487	99%	20%	421.7	97%	9%
NUMIND500	323728	101%	18%	433.5	100%	9%
NUMIND1000	321426	101%	19%	430.7	100%	9%
ELIT5	320159	100%	19%	431.0	100%	9%
ELIT10	319029	100%	18%	427.4	99%	9%
MAXGER500	319441	100%	19%	431.2	100%	9%
MAXGER1000	321195	101%	20%	432.5	100%	9%
MAXGER2000	325428	102%	19%	430.7	100%	9%
MAXGER10000	323355	101%	18%	432.4	100%	9%
CRUZ20	304657	95%	20%	432.1	100%	9%
CRUZ50	308969	97%	20%	429.8	99%	9%
CRUZ90	318143	100%	19%	429.1	99%	9%
PMUT5	310787	97%	19%	433.1	100%	9%
PMUT10	299224	94%	19%	431.0	100%	9%
PMUT30	295306	92%	19%	429.8	99%	9%

Como pode ser visto, para cada processamento, considerando o valor médio para a última geração de indivíduos, os valores de emissão total apresentam um desvio padrão aproximado de 19%, e para os valores de emissão por m³ o desvio padrão é de 9%. Isso atesta o que já foi dito anteriormente, na emissão por m³ são consideradas apenas as variáveis do concreto pré-moldado (o concreto e o aço), então o espaço de busca é menor o resultado varia numa escala menor em torno da média. Já para a emissão total entram outras variáveis: a



montagem; e o transporte. Deste modo, o espaço de busca é maior e, conseqüentemente, os resultados variam mais em torno da média. Não significa que, dentre os 700 indivíduos finais, exista um resultado melhor que o outro, analisando o geral. Se for analisado apenas a emissão de CO₂, aí sim, existirão resultados melhores que outros. Entretanto, avaliando o todo, o que existe são 700 resultados ótimos, com configurações estruturais diferentes, o que permite que o usuário do código escolha aquele que melhor se adequa à sua obra.

Para seguir com as análises, foi realizado um processamento de um mesmo exemplo gerado em Albuquerque (2007), para saber se a configuração estrutural apresentada por um programa que tem como função objetivo o custo se assemelha à do presente trabalho.

5.2 COMPARAÇÃO COM A FUNÇÃO CUSTO

O exemplo escolhido para ser processado foi o Wal Mart – Bonocô, um supermercado situado em Salvador – Ba, apresentado em Albuquerque (2007). Uma parte da estrutura foi modulada, e existia uma restrição arquitetônica para que os vãos livres entre pilares fossem de 7,0 m. A altura máxima admitida para a viga foi de 60 cm, e o carregamento total foi de 8 KN/m². A Figura 5.32 mostra uma representação da obra, extraída de Albuquerque (2007). As medidas estão em centímetros.

Este mesmo prédio foi processado com o algoritmo de Albuquerque (2007) e com o algoritmo do presente trabalho. Entretanto, no algoritmo da tese referida não é considerada a distância da fábrica até a obra como dado de entrada, e no presente trabalho é. Então foi considerada a mesma distância padrão utilizada nos exemplos processados anteriormente, que é de 20 Km, para que não houvesse possíveis falhas no programa.

Nos APÊNDICES APÊNDICE B e APÊNDICE C se encontram as tabelas com as configurações estruturais referentes aos processamentos do Wal Mart – Bonocô, com a função emissão de CO₂, do presente trabalho, e a função custo, obtida a partir da tese de Albuquerque (2007), respectivamente. Para ambos os processamentos foi considerada uma população de 700 indivíduos, um número de gerações de 3000, uma taxa de cruzamento de 80% e uma taxa de mutação de 1%.

Avaliando os resultados pode-se observar que a média da quantidade de vãos que serão divididas as dimensões do pavimento em x e em y (NX e NY) é um pouco menor na função

custo, entretanto é uma diferença muito pequena. Para a função emissão de CO₂ esta média é de 4,86 e 4,95, e para função custo, esta média é de 4,79 e 4,77 para NX e NY respectivamente.

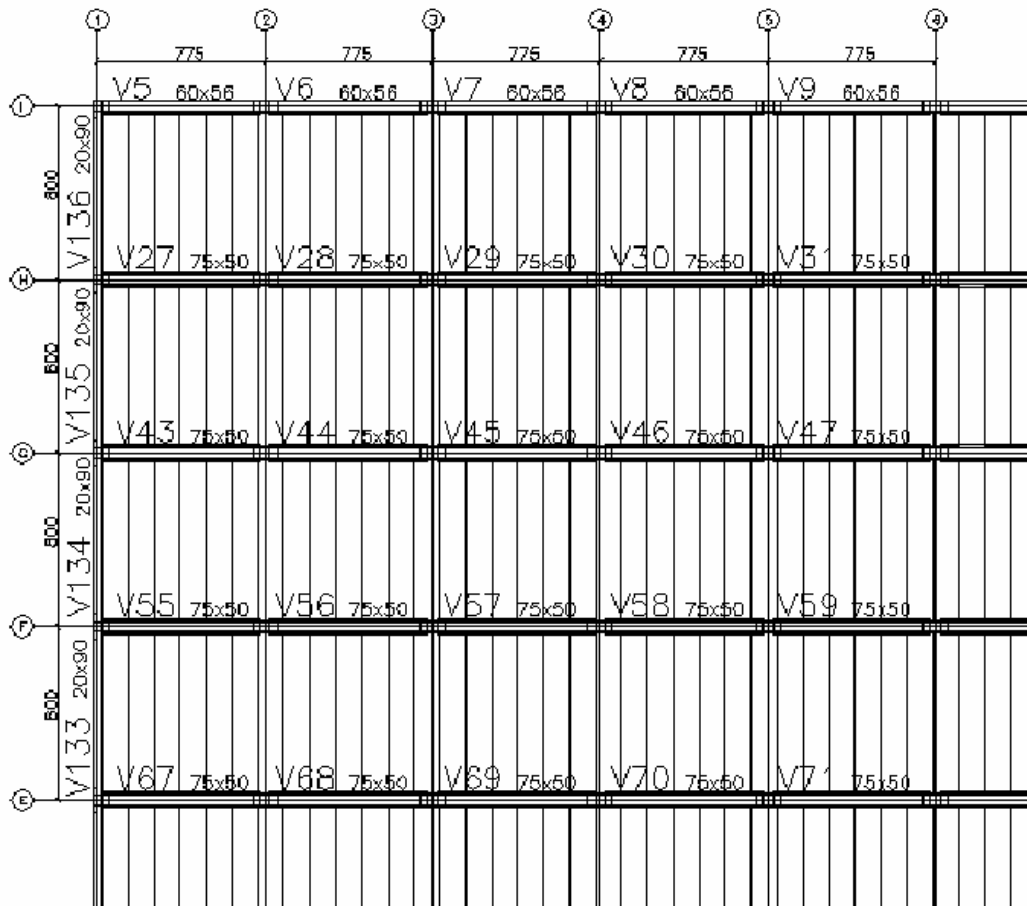


Figura 5.32 – Trecho modulado do Wal Mart – Bonocô. (Unidades em cm) Fonte: ALBUQUERQUE (2007).

Para ambas as funções as direções escolhidas para as lajes foram divididas quase igualmente. Na função emissão de CO₂, 354 lajes foram escolhidas para serem dispostas na direção 1 (DL=1 significa laje na direção y, para laje direcionada para x seria DL=0). Já na função custo 368 soluções foram apresentadas com DL=1.

A resistência à compressão do concreto moldado no local (f_{ckcml}) médio para a função emissão de CO₂ foi de aproximadamente 27 MPa, e a do concreto pré-moldado (f_{ckcpm}) médio para a mesma função foi de aproximadamente 42 MPa. Para a função custo os valores foram os mesmos em valores aproximados, a média do f_{ckcml} foi 27 MPa, e do f_{ckcpm} foi de 42 MPa também.

As alturas e vãos de laje, HL e LLJ, apresentaram respectivamente um valor médio de 18,2 cm e 14,9 m na função emissão de CO₂. Já na função custo estes valores são 18,4 cm e 13,3 m.

Nas dimensões das vigas, foram fornecidos como resultados médios na função emissão de CO₂ os valores aproximados de 29 cm, 65 cm e 12,8 m para as variáveis de altura da viga (HV), base da viga (BV) e vão da viga (LLV) respectivamente. Para a função custo estes valores foram 29 cm, 65 cm e 13,0 m.

O número médio de cabos na primeira camada (NA), na segunda camada (NB), conforme Figura 5.33, e o número de barras de aço passivo foi, na função emissão de CO₂, aproximadamente 14, 7, 3. Na função custo estes valores foram iguais em valores aproximados.

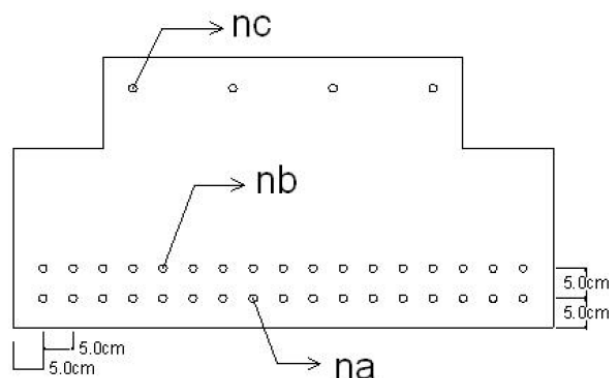


Figura 5.33 – Cabos de protensão na viga. Fonte: ALBUQUERQUE (2007).

Os volumes de concreto médios apresentados pela função emissão de CO₂ e pela função custo foram muito próximos, o primeiro com aproximadamente 454 m³ por pavimento, e o segundo com aproximadamente 457 m³ por pavimento.

Para finalizar, a quantidade média de vigas por pavimento apresentada na função emissão de CO₂ foi de aproximadamente 29, enquanto que na função custo foi de aproximadamente 27 vigas. A quantidade média de pilares para a primeira função foi de 35 e para segunda foi de 33; com isso, a quantidade média aproximada de lajes por pavimento foi de 187 para a primeira função e 188 para a segunda função.

Pode-se notar que os processamentos com as duas funções apresentaram resultados bem próximos um do outro, e se forem analisadas as tabelas nos APÊNDICES APÊNDICE B e APÊNDICE C é possível notar que, de fato, as configurações estruturais se assemelham. Em



Albuquerque (2007) é apresentada a Tabela 5.2, onde se compara a saída de dados do código que utiliza a função custo com a situação real. Na tese referida é observado que houve processamentos do código que se assemelharam bastante ao que foi utilizado no projeto real da estrutura. Sistema de Apoio à Tomada de Decisão (SATD), desenvolvido por Albuquerque (2007), é o programa apresentado na tese.

No processamento desenvolvido no presente trabalho é possível observar também que as configurações estruturais obtidas se assemelham bastante às apresentadas para o mesmo projeto utilizando a função custo e também àquela utilizada no projeto real. Sendo assim, podem ser apresentados os resultados de emissão de CO₂ por m³ e emissão totais, como representativas da quantidade emitida por uma edificação real, e que inclusive foi otimizada em relação ao custo. Deste modo o usuário dos códigos, tanto o de otimização de emissão de CO₂, quanto o de otimização de custo podem processar quaisquer edifícios, e comparar os resultados para melhor auxiliar na escolha da solução mais barata, como também a que menos polui o ambiente com emissão de CO₂.

Tabela 5.2 – Tabela comparativa entre o projeto estrutural real e os resultados apresentados pelo código. Fonte: ALBUQUERQUE (2007).

Dados	Projeto	SATD 1	SATD 2	SATD 3	SATD 4
Configuração (N _x /N _y /DL)	6/6/1	6/6/1	6/6/0	6/6/1	6/6/1
f _{ckml}	25	25	20	20	30
f _{ckPM}	40	40	40	40	40
h _L	20	21	20	20	20
h _V	30	30	30	25	25
b _w	60	50	60	70	60
ℓ _{viga}	7,75	7,75	8,0	7,75	7,75
ℓ _{laje}	8,0	8,0	7,75	8,0	8,0
Custo (R\$/m ²)*	-	215,6	216,3	216,2	212,5

* Custo da estrutura pré-moldada montada, exceto o custo do concreto moldado no local

As Figura 5.34 e Figura 5.35 apresentam os resultados do Wal Mart – Bonocô.

O processamento do Wal Mart – Bonocô gerou uma emissão de CO₂ por m³ com uma média de aproximadamente 427 kg/m³, com um desvio padrão de 9%,, o que, aliás, é muito similar àquelas encontradas quando processados exemplos diversos do item 5.1 do presente trabalho. Para a mesma construção foi encontrada uma média de custo por m² de aproximadamente R\$255,00/m², com um desvio padrão de 20% (devido a maior quantidade



de variáveis envolvidas), e que se apresentou um pouco mais alta do que aparece na Tabela 5.2. Entretanto, nesta tabela são apresentados indivíduos isolados, e não uma média.

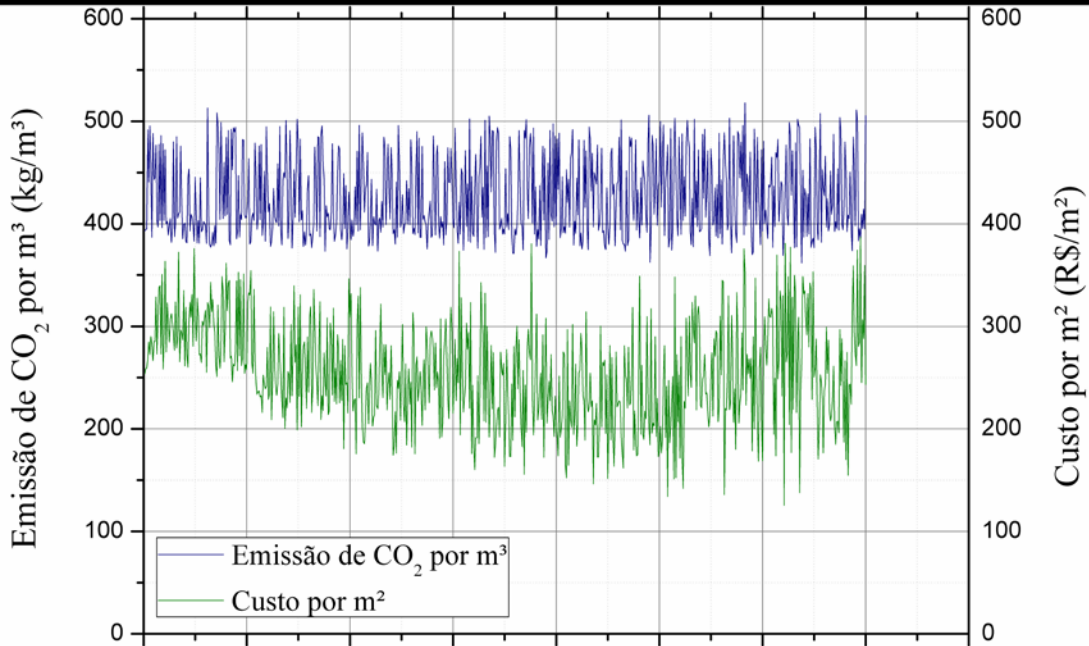


Figura 5.34 – Emissão de CO₂ por m³ e Custo por m² do Wal Mart – Bonocô.

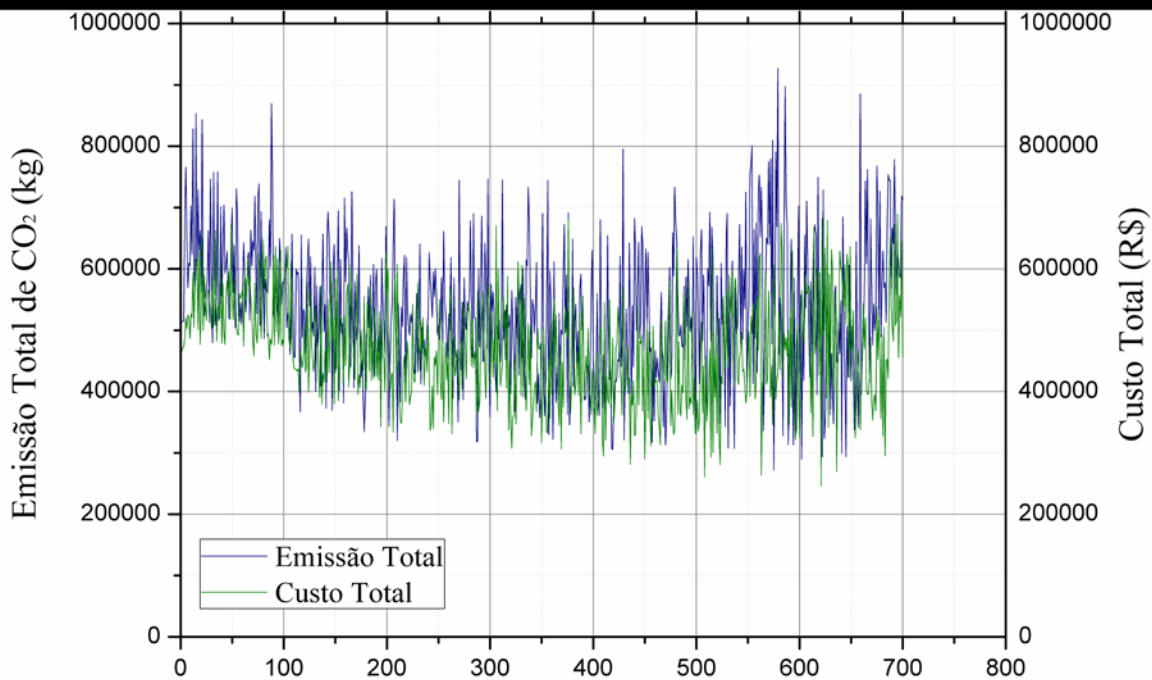


Figura 5.35 – Emissão total de CO₂ e Custo Total do Wal Mart – Bonocô.



Na Figura 5.34 pode ser observado que a oscilação da função custo é maior do que a da função emissão de CO₂, assim como a variação em torno da média. Isso ocorre porque na função custo são consideradas outras variáveis além daquelas que são consideradas na função emissão de CO₂. Nas duas funções as variáveis que entram nessa análise são as referentes ao concreto, armadura passiva de flexão, armadura de cisalhamento e armadura ativa, mas na função custo são consideradas outras variáveis, como as despesas operacionais, por exemplo. Na análise de valores totais os resultados do processamento referente às duas funções já se parecem mais, porque nas duas entram variáveis que fazem estas funções se modificarem mais em relação à média.

5.3 FATOR EMISSÃO-CUSTO

Já que as duas funções apresentam, após o processamento, ótimos globais no final da análise, pode-se utilizar esta informação para prever a quantidade de emissão de qualquer edifício que utilize as mesmas definições estruturais que foram utilizadas no programa, apresentadas no item 4.1 deste trabalho.

Foram adotados os indivíduos dos dois processamentos anteriores, e associados os valores de custo total e emissão total para criar um fator de emissão e custo, chamado de Fator Emissão-Custo, F_{ec} . Este fator trata avalia quanto uma estrutura que custe determinado valor obtido emite em quantidade total de CO₂. Para tanto, basta multiplicar o valor de custo obtido pelo F_{ec} . O gráfico da Figura 5.36 mostra o F_{ec} de cada indivíduo do processamento do Wal Mart – Bonocô.

Os valores do F_{ec} variam entre si, pois os próprios valores de emissão e de custo variam devido ao algoritmo utilizado. Foi obtido como valor médio para o F_{ec} deste exemplo, 1,17 kg_{co2}/R\$. Ressalta-se que foi considerada a distância da fábrica à obra para o processamento da função emissão de CO₂. Esta variável não foi considerada na função custo, portanto este valor de F_{ec} irá variar com a mudança deste dado de entrada. O valor encontrado de F_{ec} é válido para uma distância de fábrica à obra de 20 Km, que foi a adotada neste exemplo. Deve-se ressaltar que uma variação na distância da fábrica à obra não representa uma mudança muito significativa no valor final de emissão total, como visto na Figura 5.20, onde foi feita essa análise. Uma variação de 5 km nesta distância representa um aumento de 0,73% na



emissão total final. Deste modo, foi feita uma tabela onde é apresentado, entre outros valores, cada F_{ec} associado a uma distância diferente, que será vista adiante. Entretanto, foi necessário primeiro atestar este valor de F_{ec} de 1,17 $kg_{CO_2}/R\$, utilizando uma DFAB de 20 Km.$

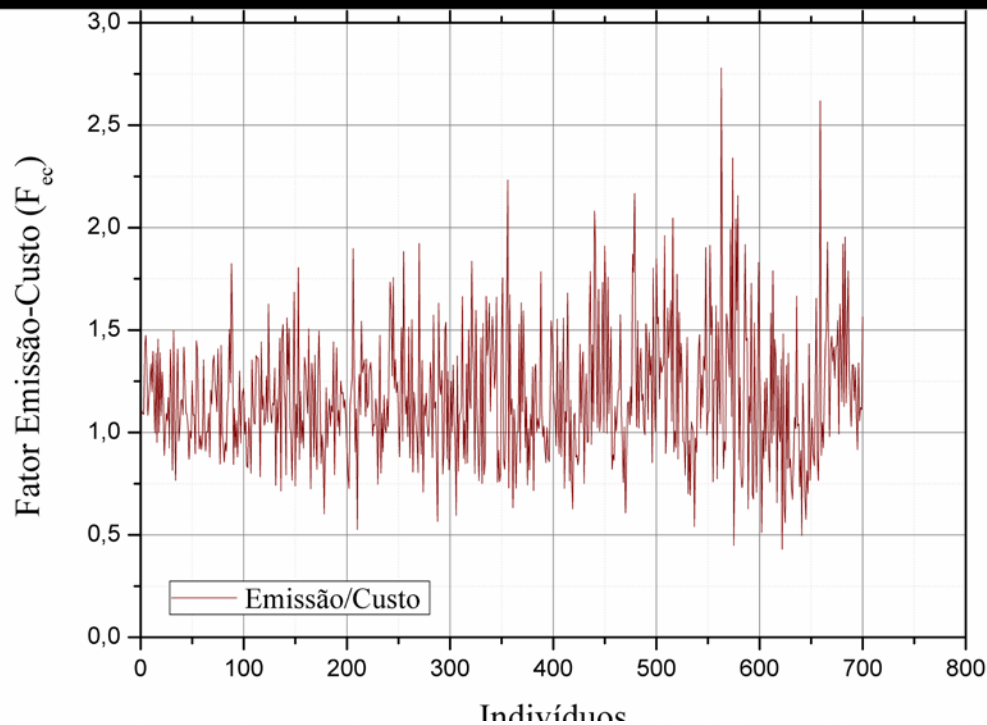


Figura 5.36 – Fator Emissão-Custo (F_{ec}) do exemplo Wal Mart - Bonocô.

Para dar consistência a este valor, foi processado, a princípio, mais um exemplo dentre os que estão presentes em Albuquerque (2007), com a função custo e a função emissão de CO_2 . Para o exemplo seguinte foi utilizada uma população de 700 indivíduos, um número máximo de gerações de 3000, uma taxa de cruzamento de 80%, uma taxa de mutação de 1%, 3 indivíduos para elitismo e uma distância de fábrica de 20 Km.

O edifício processado foi o Hotel *Holliday-Inn* situado em Omaha, Nebraska, Estados Unidos. As dimensões fornecidas ao sistema por Albuquerque (2007), e que serão utilizadas aqui, foram dimensões totais de 74 m por 24 m, dimensões mínimas entre pilares de 8,5 m e 7,5 m em X e Y respectivamente. Não foi mencionado em Albuquerque (2007) o número máximo de pavimentos, as restrições para altura máxima nem base máxima de vigas, como também não foram fornecidos dados de cargas. Sendo assim foram adotados os seguintes dados: 4 pavimentos; dimensões máximas de 70 cm de HMAX, 80 cm de BMAX; 3 KN/m^2



de carga acidental; 1,5 KN/m² de carga permanente e de carga de parede sobre laje. A planta do hotel, que já existia, é a apresentada na Figura 5.37, com as configurações reais.

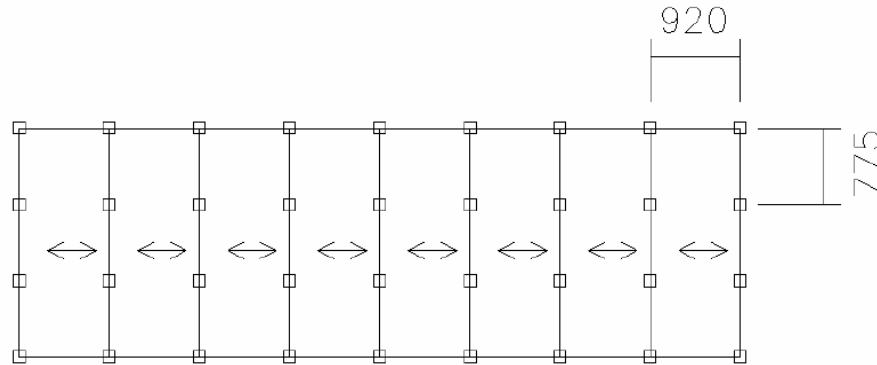


Figura 5.37 – Configuração real do Hotel *Holliday-Inn*. (Unidades em cm) Fonte: ALBUQUERQUE (2007).

Após o processamento com as duas funções o resultado é apresentado na Figura 5.38.

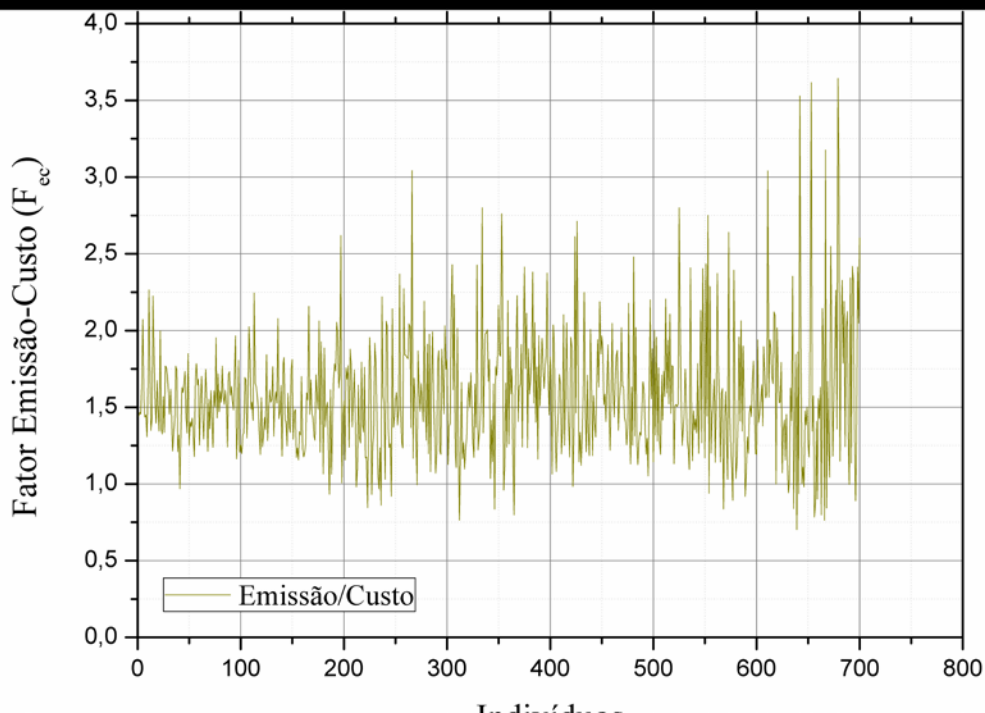


Figura 5.38 – Fator Emissão-Custo (F_{ec}) do exemplo Hotel *Holliday-Inn*.

Como pode ser observado na Figura 5.38 a média do F_{ec} subiu aumentou neste exemplo, alcançando um valor médio de 1,58 kg_{co2}/R\$. Isso indica que existe pelo menos uma outra variável que influencia este fator.



Para encontrar esta outra variável influente, foram analisados os mesmos exemplos apresentados na Figura 5.1. Para cada situação foi extraído o valor médio do F_{ec} dentre todos os indivíduos, e este valor é o apresentado na figura abaixo.

Tabela 5.3 - Médias dos F_{ec} de cada processamento e a média geral.

	F_{ec} (kgCO ₂ /R\$)		F_{ec} (kgCO ₂ /R\$)		F_{ec} (kgCO ₂ /R\$)
NUMPAV3	1,15	LX60LY60	1,53	NUMIND100	1,47
NUMPAV4	1,50	LX100LY100	1,60	NUMIND500	1,54
NUMPAV5	1,89	HMAX50	1,53	NUMIND1000	1,53
NUMPAV6	2,26	HMAX60	1,52	ELIT5	1,48
DMINX4DMINY4	1,54	HMAX80	1,52	ELIT10	1,48
DMINX5DMINY4	1,56	BMAX40	1,50	MAXGER500	1,50
DMINX8DMINY4	1,53	BMAX50	1,53	MAXGER1000	1,51
DMINX10DMINY10	1,52	BMAX90	1,50	MAXGER2000	1,53
DMINX15DMINY8	1,56	Q2GPR1GPL1	1,53	MAXGER10000	1,53
DMINX15DMINY15	1,53	Q3GPR2GPL2	1,51	CRUZ20	1,57
LX40LY30	1,56	Q6GPR15GPL15	1,50	CRUZ50	1,50
LX50LY30	1,54	DFAB5	1,49	CRUZ90	1,51
LX60LY30	1,51	DFAB10	1,50	PMUT5	1,57
LX60LY40	1,56	DFAB50	1,56	PMUT10	1,55
LX60LY50	1,55	DFAB100	1,59	PMUT30	1,56
		MÉDIA	1,53		

Na Tabela 5.3 pode ser observado então o que causou esta discrepância entre os dois valores anteriores do F_{ec} . No exemplo do Wal Mart – Bonocô, a edificação tinha 3 pavimentos e apresentou um F_{ec} de 1,17 kgCO₂/R\$. Já no Hotel *Holliday-Inn*, foi admitido como dado de entrada que o edifício teria 4 pavimentos, e este apresentou um F_{ec} de 1,58 kgCO₂/R\$. Estes valores estão de acordo com o apresentado na Tabela 5.3.

É notório que o que mais gera diferença no F_{ec} , quando modificado, é o número de pavimentos. Então pode ser admitido que o F_{ec} de cada edificação que se desejar ser processada no programa, vai ser função do número de pavimentos.



Percebe-se que não há uma variação muito grande na média dos valores do F_{ec} ao se modificar os dados de entrada, das mais diversas formas. Então pode-se optar por utilizar o valor do fator para cada tipo de construção, com os respectivos dados de entrada, ou pode ser utilizado o valor médio de $1,53 \text{ kg}_{\text{CO}_2}/\text{R\$}$, encontrado com os exemplos processados com 4 pavimentos, excluindo-se os exemplos NUMPAV3, NUMPAV5 e NUMPAV6.

Vale ressaltar que estes valores são úteis para a tomada de decisões em relação à estrutura, já que são valores médios e também levam em consideração as soluções estruturais adotadas neste trabalho, como lajes alveolares e vigas “T” invertidas, por exemplo. Além das soluções estruturais, este fator leva em consideração os preços atuais de mercado, podendo variar de modo significativo quando adotadas outras soluções estruturais, ou quando houver variações significativas nos preços de mercado.



6 CONCLUSÕES

Primeiramente pode ser verificado que o método dos algoritmos genéticos é de fácil compreensão e aplicação. Para a engenharia de estruturas esta mostrou ser uma poderosa ferramenta, pois mesmo com a grande quantidade de variáveis envolvidas no processo, não foi necessária a utilização de procedimentos matemáticos mais complexos. Além disso, o tempo exigido para o processamento do programa não foi alto, consumindo pouco mais de 5 minutos. Sendo assim, se concluiu ser um método bastante satisfatório para o tipo de problema analisado.

Pela análise da bibliografia coletada, percebeu-se também que o estudo da sustentabilidade é bastante atual, e vem ganhando grande espaço no cenário internacional, inclusive na área de engenharia de estruturas. Pesquisas estão procurando quantificar a sustentabilidade a fim de torná-la mensurável, para que se tenha mais controle sobre os agentes impactantes ao ambiente.

Também se verificou que a avaliação da emissão de CO₂ nas varias atividades precisa ser mais bem estudada no Brasil, para que seja possível um maior controle das emissões. No trabalho realizado foram feitas diversas considerações que simplificaram o processo, a exemplo do valor de emissão de CO₂ por parte do cimento. Este valor foi obtido de produções internacionais, onde foram feitas Análises do Ciclo de Vida (LCA – *Life Cycle Assessment*) do cimento considerando todas as matérias primas envolventes. O tipo de agregado, o tipo de cimento e a substituição desses por materiais menos poluentes influenciam positivamente no valor de emissão, e estão sendo estudadas no exterior. Estes tópicos deveriam ser mais abordados no país para que se pudesse trabalhar com as informações relativas aos tipos de materiais da região e assim produzir resultados significativos para a realidade brasileira, além é claro de contribuir para o avanço da ciência. A importância desses estudos foi percebida pela dificuldade encontrada em conseguir valores de emissão de gases poluentes no Brasil, em qualquer campo estudado. Indica-se que seria de grande importância haver mais estudos na área de sustentabilidade, particularmente na área de engenharia de estruturas. Se o objetivo é industrializar a construção civil, este quesito também deve ser alcançado.



Em relação à industrialização da construção civil, observou-se que o concreto pré-moldado mostra vantagens, frente ao concreto moldado no local, que o torna mais atrativo. A utilização do concreto pré-moldado facilita a compreensão do todo da obra, bem como a produtividade e a execução de outros projetos. Numa estrutura modulada, por exemplo, pode-se prever a quantidade de tijolos que serão necessários para as paredes, diminuindo a quantidade de resíduos, ou a quantidade e locais de passagens de tubulações pelas vigas e lajes, o que poupa tempo, dinheiro e desperdícios.

Em relação à emissão de CO₂ observou-se que os fatores que mais influem ao serem variados na construção de um edifício comum são as dimensões da obra em planta, bem como o número de pavimentos que a obra terá. Fora esses fatores, as demais variáveis influenciam, porém de modo não tão significativo. Um aumento de 10 m na direção em uma das dimensões da obra, considerando que ela tenha 30 m por 30 m, eleva o valor da emissão total em média em 33%. Cada acréscimo de pavimento, por exemplo, representa uma elevação aproximada de 35% no valor da emissão total. Enquanto que a distância da fábrica à obra, por exemplo, ao ser aumentada 5 km incrementa-se 0,73% de emissão total de CO₂.

Foi encontrado um valor médio de emissão de CO₂ por m³, levando em consideração as definições estabelecidas neste trabalho, que ficou próximo de 430 kg/m³. Este valor se mostrou o ótimo global para as estruturas analisadas, já que mesmo variando diversos parâmetros os resultados ficaram próximos dele.

Ao se comparar um edifício processado com a função custo apresentada em Albuquerque (2007) e a função emissão de CO₂ apresentada neste trabalho, notou-se que ambas têm uma relação muito próxima e apresentam configurações estruturais semelhantes. Isso facilita na escolha da estrutura que seja ao mesmo tempo a mais barata e a mais sustentável.

Notando essa relação próxima entre os resultados das duas funções foi proposto um fator que ajude a encontrar, de modo aproximado, o quanto a estrutura vai emitir em CO₂ bastando apenas multiplicar o custo total da estrutura por este fator. A este foi dado o nome de Fator Emissão-Custo, F_{ec} . O parâmetro que o fez variar de modo mais significativo foi o número de pavimentos, pois aumentando o número de pavimentos o custo não variou do mesmo modo que a emissão total de CO₂. Sendo assim se pode ter um valor de F_{ec} de acordo com a quantidade de pavimentos que a edificação tiver. O valor encontrado para o edifício padrão, que possui 4 pavimentos, foi de 1,53 kg_{CO2}/R\$. Ressalta-se, entretanto, que os valores



encontrados para este fator são funções das definições estruturais estabelecidas neste trabalho, bem como dos preços atuais de mercado. Todavia, já serve como um ponto de referência no tipo de análise que envolva custo e emissão de CO₂.

Finalmente, conclui-se que essas análises foram possíveis pelo fato de se ter trabalhado com concreto pré-moldado, onde o controle de qualidade e a padronização das peças permitem uma maior facilidade na programação. Por ser uma estrutura otimizada, as peças estariam na sua melhor configuração e o controle de qualidade maior permitiria que elas fossem produzidas de acordo com a configuração estrutural escolhida, com tolerâncias menores.

6.1 PESQUISAS FUTURAS

Para pesquisas futuras, sugere-se o mesmo estudo feito no presente trabalho, porém para outros tipos de estruturas em concreto pré-moldado, como pontes e galpões industriais, por exemplo. Também podem ser feitos estudos análogos variando o método de otimização, para se averiguar aquele que melhor se adéqua ao problema, e que forneça resultados viáveis da forma estrutural final.

Sugerem-se também mais pesquisas na área de otimização, porém englobando outros fatores impactantes ao ambiente, tais como geração de resíduos, desperdício de água e consumo de energia, por exemplo. Uma possível dificuldade desta proposta seria encontrar um fator que relacionasse todas as variáveis na mesma função objetivo. Na tentativa de resolver este problema, uma possibilidade seria utilizar como variável de controle o tempo que o ambiente demora para se recuperar de cada dano. Sendo assim, a função objetivo seria composta pelo tempo de recuperação do ambiente, por cada ação.

Outra sugestão interessante de ser estudada, é uma pesquisa de otimização em sustentabilidade, porém em diversas formas de linguagem de programação diferentes, para saber qual oferece a melhor resposta. Ou ainda utilizar programas que já tenham embutidos a ferramenta de otimização de algoritmos genéticos, e comparar resultados com os de outras linguagens.



Por fim, sugere-se que seja feita uma verificação semelhante à do presente trabalho, porém considerando também ações laterais, como por exemplo, o vento. Deste modo, poderão ser feitas projeções do Fator Emissão-Custo para tantos andares quantos forem possíveis.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, B. T. **Uma Abordagem Evolutiva para a Geração Automática de Dados de Teste**. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Computação, Universidade Estadual de Campinas, 2006.
- AI S.; WANG Y. **Application of Improved Genetic Algorithms in Structural Optimization Design**. v 236 CCIS, n PART 6, p 480-487, 2011, *Information and Management Engineering - International Conference, ICCIC 2011, Proceeding*.
- ALBUQUERQUE, A. T. DE **Otimização de Pavimentos de Edifícios com Estruturas de Concreto Pré-Moldado Utilizando Algoritmos Genéticos**. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2007.
- ALMEIDA, F.S.; AWRUCH, A.M. **Design optimization of composite laminated structures using genetic algorithms and finite element analysis**. v 88, n 3, p 443-454, May 2009
- AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION **Structural Steel: An Industry Overview**. Chicago, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR6023**: Informação e Documentação – Referências - Elaboração. Rio de Janeiro, 2002.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR6118**: Projeto e Execução de Obras de Concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2004.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) Resolução nº 1, de 23 de janeiro de 1986. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. Brasília, 1986. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=23> >. Acesso em: 01 out. 2012.
- CARNEIRO, M. L. S. **Síntese Automatizada de Colunas de Destilação: Uma Abordagem Alternativa ao Processo de Projeto**. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, 1996.



- CASTILHO, V. C. **Otimização de Componentes de Concreto Pré-Moldado Protendidos Mediante Algoritmos Genéticos.** Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2003.
- CHEN, Y.; OKUDAN, G. E.; RILEY, D. R. Sustainable Performance Criteria for Construction Method Selection in Concrete Buildings. **Automation in Construction.** v. 19, ed. 2, 10 mar. 2010, p. 235-244. Disponível em: <<http://www.journals.elsevier.com/automation-in-construction/>> Acesso em: 01 out. 2012.
- CONSTRUCTION RESEARCH CONGRESS, [S.l.]: **Carbon Footprints Analysis for Tunnel Construction Processes in the Preplanning Using Collaborative Simulation.** [S.l.]: 2010.
- DEL CAÑO, A.; GÓMEZ, D.; DE LA CRUZ, M. P. **Uncertainty Analysis in the Sustainable Design of Concrete Structures: A Probabilistic Method.** [Ferrol]: [s.n.], 25 abr. 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.04.020>> Acesso em: 12 nov. 2012.
- DAMINELI, B. L.; KEMEID, F. M.; AGUIAR, P. S.; JOHN, V. M. Measuring the Eco-Efficiency of Cement Use. **Journal of Cement and Concrete Composites.** 32, 2010, p. 555-562.
- EL DEBS, M. K. **Concreto Pré-Moldado: Fundamentos e Aplicações.** 1. ed. São Carlos: EESC-USP, São Paulo, 2000.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA **Potencial de Redução de Emissões de CO2 em Projetos de Produção e Uso de Biocombustíveis.** Rio de Janeiro, [20--].
- FONSECA, M. da. **Otimização de Estruturas Treliçadas Planas e Espaciais Sob Carregamentos Estáticos e Dinâmicos, Usando Algoritmos Genéticos e Redes Neurais.** Dissertação (Mestrado) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, 2007.
- FUJIKI A.; KAWAI K. **Case Studies on Environmental Impact Assessment of Precast Concrete Products.** [S.l.: s.n.], [20--].
- GOLDBERG, D. E. **Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning.** Addison-Wesley, Reading, Massachusetts, 1989.



- GONG, D.; YUAN, J.; MA, X. **Interactive Genetic Algorithms with Large Population Size**. p 1678-1685, 2008, *IEEE Congress on Evolutionary Computation*, CEC 2008.
- GUANCI, Y.; SHAOBO, L.; QINGSHENG, X. **Sustainable Genetic Algorithms Basis of Relative Adaptation Strategy and Self-adaptive Learning Operator**. v 1, p 225-228, 2008, *Proceedings of the 2008 International Symposium on Computational Intelligence and Design*, ISCID 2008.
- GUGGEMOS, A. A., AND HORVATH, A. Decision-Support Tool for Assessing the Environmental Effects of Constructing Commercial Buildings. **Journal of Architectural Engineering**, 12, 2006, p. 187-195.
- HELENE, P. Concreto, Sustentabilidade e Pré-Moldado. In: ENCONTRO NACIONAL DE PROJETO-PESQUISA-PRODUÇÃO EM CONCRETO PRÉ-MOLDADO. 3., 2013, São Carlos. Tópico Temático. São Paulo. 2013.
- KAWAI, K. **Application of Performance-Based Environmental Design to Concrete and Concrete Structures**. *Structural Concrete*. V. 12, No. 1, Berlim: Editora Ernst & Sohn, 2011, p. 30-35.
- KIRKPATRICK, S; GELATT, C. D; VECCCHI M. P. Optimization by Simulated Annealing *Science, New Series*, v. 220, n. 4598, may. 13, 1983, p. 671-680.
- LEMONGE, A. C. C. Aplicação de Algoritmos Genéticos em Otimização Estrutural. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, 1999.
- LOMBERA, J. S; APREA, I. G. **A System Approach to the Environmental Analysis of Industrial Buildings**. Bilbao, n. 45, 2010. Disponível em: <www.elsevier.com/locate/buildenv> Acesso em: 12 nov. 2012.
- MARTINS, F. G. **Gestão e Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil em Obras de Grande Porte – Estudo de Caso**. Dissertação (Mestrado)– Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2012.
- MEHTA, P. K; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais**. Tradução: Cristina Borba. 3. ed. São Paulo: IBRACON, 2008.
- METRÓPOLIS , N.; ROSENBLUTH, A. W.; ROSENBLUTH, M. N.; TELLER, A. H.; TELLER, E. Equations of State Calculations by Fast Computing Machines. **Journal of Chemical Physics**. [S.l.], v. 21, n. 6, p. 1087-1092, jun. 1953.



- MILLER, B. L.; GOLDBERG, D. E. Genetic Algorithms, Tournament Selection, and the Effects of Noise. **Complex Systems**, n. 9, 1995, p. 193-212.
- MOEDINGER, L. H. **Algoritmos Evolutivos e Inteligência Coletiva Aplicados a Problemas de Otimização Não-Linear com Restrições: Fundamentos e Estudo Comparativo**. Dissertação (Mestrado), Pontifícia Universidade Católica do Paraná, 2005.
- OLIVIERI, B. P. **Otimização do Projeto de Pontes Protendidas Pré-Moldadas Pelo Método dos Algoritmos Genéticos**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2004.
- PAYA-ZAFORTEZA, I.; YEPES, V.; HOSPITALER, A.; GONZÁLES-VIDOSA, F. **CO₂-optimization of reinforced concrete frames by simulated annealing**. Valencia, n. 31, mar. 2009. Disponível em: <www.elsevier.com/locate/engstruct> Acesso em: 12 nov. 2012.
- PONS, O.; WADEL, G. **Environmental impacts of prefabricated school buildings in Catalonia**. Barcelona, n. 35, 2011. Disponível em: <www.elsevier.com/locate/habitatint> Acesso em: 12 nov. 2012.
- PRÜGEL-BENNET, A. Finite Population Effects for Ranking and Tournament Selection. **Complex Systems**, n. 11, 1997, 24 p.
- REN, J.; GONG, D.; SUN, X.; YUAN, J.; LI, M. **Interactive Genetic Algorithms with Variational Population Size**. v 5755 LNAI, p 64-73, *Emerging Intelligent Computing Technology and Applications: With Aspects of Artificial Intelligence - 5th International Conference on Intelligent Computing, ICIC*, Proceedings, 2009.
- SAAB, Y. G; RAO, V. B. Combinatorial Optimization by Stochastic Evolution. **IEEE Transactions on Computer-Aided Design**. v. 10, n. 4, apr. 1991, p 525-535.
- SHARRARD, A. L., MATTHEWS, H. S., AND RIES, R. J. Estimating construction project environmental effects using an input-output-based hybrid life-cycle assessment model. **Journal Infrastructure Systems**, 14, 2008, p. 327-336.
- SILVA, E. E. da. **Otimização de Estruturas de Concreto Armado Utilizando Algoritmos Genéticos**. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2001.



STRUCTURES CONGRESS, 2011, [S.l.]: **Sustainable High Performance Concrete Buildings**. [S.l.]: 2011.

TIAN, Y.; SHI, Q.; ZHU, C. **Optimization of Structures Using Improved Genetic Algorithms for Discrete Variables**. v 163-167, p 2437-2440, *Advances in Structures*, 2011.

UNITED STATES GREEN CONCRETE COUNCIL **The Sustainable Concrete Guide: Strategies and Examples**. 2 ed. [S.l.], 2010.

WRIGHT, M. A. **Carbone Dioxide Equivalent Emissions from the Manufacture of Concrete in South Africa**. Dissertação (Mestrado) – Faculty of Science, University of Witwatersrand, Johannesburg, 2011.

YEPES, V.; GONZÁLES-VIDOSA, F.; M.ASCE; ALCALA, J.; VILLALBA, P. CO₂-Optimization Design of Reinforced Concrete Retaining Walls Based on a VNS-Threshold Acceptance Strategy. **Journal of Computing in Civil Engineering**, [Valência]: 1 mai. 2012. Vol.26, No.3.

ZHONGLIANG, R.; HONGBO, Z.; CHUANRUI, Z. **A Parallel Genetic Algorithm for Optimal Designing of Frame Structure**. v 1, p 751-754, *2nd Conference on Environmental Science and Information Application Technology*, ESIAT 2010.



APÊNDICE A

TABELA DA CONFIGURAÇÃO ESTRUTURAL DO EDIFÍCIO PADRÃO
“NUMPAV4”.



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ESTRUTURAS



INDIVÍDUO	NumGen	NX	NY	DL	FCKCML	FCKCPM	HL	LU	HV	BV	LLV	NA	NB	NPT	Volume Concreto (m³)	Peso de Aço (kg)	Taxa de Aço Total (Kg/m³)	QDV	QDP	QDL
1	30	4	4	0	20	40	0.13	7.5	0.25	0.8	7.5	16	4	0	710	2.70E+04	3.88E+01	20	25	100
2	30	4	4	0	20	35	0.13	7.5	0.3	0.8	7.5	12	8	2	740	3.40E+04	4.60E+01	20	25	100
3	30	4	4	0	20	35	0.13	7.5	0.3	0.8	7.5	15	2	4	740	3.40E+04	4.65E+01	20	25	100
4	30	4	4	0	30	45	0.17	7.5	0.3	0.8	7.5	16	2	0	810	3.30E+04	4.00E+01	20	25	100
5	30	4	4	0	25	40	0.21	7.5	0.35	0.8	7.5	19	2	4	920	2.70E+04	2.91E+01	20	25	100
6	30	4	4	0	35	35	0.21	7.5	0.4	0.8	7.5	17	4	0	950	3.30E+04	3.45E+01	20	25	100
7	30	4	4	1	20	50	0.2	7.5	0.25	0.8	7.5	14	10	0	830	3.50E+04	4.21E+01	20	25	100
8	30	4	4	1	20	40	0.26	7.5	0.35	0.6	7.5	15	0	0	1000	2.20E+04	2.19E+01	20	25	100
9	30	3	4	1	20	40	0.2	7.5	0.4	0.6	10	17	8	6	860	2.90E+04	3.34E+01	15	20	100
10	30	4	4	1	35	50	0.17	7.5	0.35	0.8	7.5	19	6	6	840	3.20E+04	3.78E+01	20	25	100
11	30	4	4	0	35	40	0.26	7.5	0.25	0.8	7.5	14	8	2	1000	2.60E+04	2.57E+01	20	25	100
12	30	4	4	0	25	50	0.17	7.5	0.4	0.8	7.5	14	13	0	880	3.00E+04	3.40E+01	20	25	100
13	30	4	4	0	20	45	0.26	7.5	0.35	0.6	7.5	17	0	0	1000	2.50E+04	2.43E+01	20	25	100
14	30	4	4	1	20	45	0.26	7.5	0.3	0.8	7.5	16	10	6	1000	3.20E+04	3.13E+01	20	25	100
15	30	4	4	1	20	45	0.26	7.5	0.35	0.8	7.5	14	10	4	1100	3.00E+04	2.84E+01	20	25	100
16	30	4	4	1	25	50	0.26	7.5	0.3	0.8	7.5	18	4	0	1000	2.70E+04	2.61E+01	20	25	100
17	30	3	4	1	25	50	0.26	7.5	0.35	0.7	10	17	12	0	1000	3.00E+04	2.94E+01	15	20	100
18	30	4	4	1	20	50	0.26	7.5	0.35	0.8	7.5	18	2	2	1100	2.70E+04	2.53E+01	20	25	100
19	30	4	4	0	25	50	0.13	7.5	0.3	0.8	7.5	21	6	2	740	3.20E+04	4.33E+01	20	25	100
20	30	4	4	1	20	50	0.21	7.5	0.35	0.8	7.5	15	14	4	920	3.30E+04	3.56E+01	20	25	100
21	30	4	4	0	30	35	0.26	7.5	0.4	0.8	7.5	15	6	2	1100	3.50E+04	3.15E+01	20	25	100
22	30	4	4	1	35	40	0.2	7.5	0.2	0.8	7.5	19	2	0	800	2.60E+04	3.26E+01	20	25	100
23	30	4	4	0	20	45	0.26	7.5	0.4	0.8	7.5	8	8	4	1100	2.60E+04	2.34E+01	20	25	100
24	30	4	4	1	35	45	0.26	7.5	0.4	0.7	7.5	13	2	2	1100	2.60E+04	2.39E+01	20	25	100
25	30	4	4	0	20	35	0.17	7.5	0.4	0.7	7.5	18	2	0	850	3.10E+04	3.70E+01	20	25	100
26	30	4	4	1	20	50	0.21	7.5	0.3	0.4	7.5	10	8	6	800	3.10E+04	3.90E+01	20	25	100
27	30	3	4	0	25	40	0.2	10	0.4	0.8	7.5	19	6	0	850	3.40E+04	4.03E+01	16	20	75
28	30	4	4	0	35	40	0.26	7.5	0.3	0.5	7.5	10	10	0	960	2.50E+04	2.60E+01	20	25	100
29	30	4	4	0	20	45	0.26	7.5	0.4	0.8	7.5	20	6	2	1100	3.20E+04	2.87E+01	20	25	100
30	30	4	4	1	30	35	0.26	7.5	0.3	0.8	7.5	14	12	6	1000	3.90E+04	3.80E+01	20	25	100
31	30	4	4	0	20	50	0.17	7.5	0.4	0.6	7.5	10	8	6	820	3.40E+04	4.18E+01	20	25	100
32	30	4	4	1	20	40	0.2	7.5	0.4	0.5	7.5	13	6	6	840	2.50E+04	3.04E+01	20	25	100
33	30	4	4	0	20	35	0.2	7.5	0.4	0.8	7.5	12	10	6	920	3.40E+04	3.68E+01	20	25	100
34	30	4	4	0	20	50	0.17	7.5	0.25	0.6	7.5	13	10	6	740	3.20E+04	4.29E+01	20	25	100
35	30	4	4	0	25	45	0.2	7.5	0.2	0.8	7.5	21	4	2	800	3.60E+04	4.49E+01	20	25	100



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ESTRUTURAS



INDIVÍDUO	NumGen	NX	NY	DL	FCKCML	FCKCPM	HL	LU	HV	BV	LLV	NA	NB	NPT	Volume Concreto (m³)	Peso de Aço (kg)	Taxa de Aço Total (Kg/m³)	QDV	QDP	QDL
36	30	4	4	0	25	50	0.17	7.5	0.4	0.8	7.5	19	12	2	880	3.80E+04	4.39E+01	20	25	100
37	30	4	4	1	35	50	0.17	7.5	0.4	0.5	7.5	15	6	0	790	3.40E+04	4.24E+01	20	25	100
38	30	4	4	1	20	40	0.2	7.5	0.35	0.8	7.5	21	4	0	890	2.70E+04	3.05E+01	20	25	100
39	30	4	4	1	20	50	0.17	7.5	0.35	0.8	7.5	21	10	0	840	3.30E+04	3.89E+01	20	25	100
40	30	4	4	0	25	50	0.2	7.5	0.25	0.6	7.5	17	8	2	790	2.90E+04	3.66E+01	20	25	100
41	30	4	4	0	30	40	0.13	7.5	0.3	0.8	7.5	19	8	0	740	3.10E+04	4.18E+01	20	25	100
42	30	4	4	1	35	35	0.2	7.5	0.3	0.5	7.5	15	2	4	790	3.10E+04	3.90E+01	20	25	100
43	30	4	4	1	20	45	0.17	7.5	0.3	0.8	7.5	12	6	6	810	3.60E+04	4.49E+01	20	25	100
44	30	4	3	1	30	40	0.2	10	0.35	0.6	7.5	17	6	4	790	3.30E+04	4.14E+01	16	20	75
45	30	3	4	0	30	45	0.26	10	0.4	0.7	7.5	16	12	4	1000	3.50E+04	3.50E+01	16	20	75
46	30	4	4	0	35	50	0.2	7.5	0.3	0.8	7.5	19	14	2	860	3.30E+04	3.83E+01	20	25	100
47	30	4	4	0	25	50	0.26	7.5	0.3	0.8	7.5	21	8	4	1000	3.20E+04	3.12E+01	20	25	100
48	30	4	4	1	35	35	0.26	7.5	0.35	0.6	7.5	17	4	0	1000	3.10E+04	3.03E+01	20	25	100
49	30	4	4	0	30	50	0.21	7.5	0.35	0.8	7.5	21	10	6	920	3.90E+04	4.24E+01	20	25	100
50	30	4	4	1	35	40	0.13	7.5	0.4	0.8	7.5	19	12	6	800	3.60E+04	4.55E+01	20	25	100
51	30	4	4	0	35	45	0.26	7.5	0.4	0.7	7.5	19	8	2	1100	2.90E+04	2.73E+01	20	25	100
52	30	4	4	1	30	45	0.26	7.5	0.35	0.5	7.5	15	0	0	980	2.50E+04	2.53E+01	20	25	100
53	30	4	4	0	25	45	0.26	7.5	0.4	0.5	7.5	15	0	6	1000	2.70E+04	2.70E+01	20	25	100
54	30	4	4	1	25	40	0.26	7.5	0.35	0.7	7.5	17	10	6	1000	3.10E+04	2.96E+01	20	25	100
55	30	4	4	0	20	50	0.21	7.5	0.2	0.8	7.5	21	12	0	830	3.10E+04	3.80E+01	20	25	100
56	30	4	4	0	20	50	0.2	7.5	0.35	0.7	7.5	18	8	2	870	3.20E+04	3.71E+01	20	25	100
57	30	4	4	1	25	35	0.17	7.5	0.25	0.8	7.5	14	12	6	780	3.80E+04	4.82E+01	20	25	100
58	30	4	4	0	20	35	0.26	7.5	0.3	0.7	7.5	19	4	4	1000	3.30E+04	3.27E+01	20	25	100
59	30	4	4	1	25	50	0.17	7.5	0.3	0.7	7.5	19	10	6	790	3.90E+04	4.94E+01	20	25	100
60	30	4	4	1	25	40	0.26	7.5	0.25	0.7	7.5	14	14	6	980	3.00E+04	3.03E+01	20	25	100
61	30	4	3	0	25	45	0.26	7.5	0.35	0.5	10	15	12	0	980	2.50E+04	2.54E+01	15	20	100
62	30	4	4	0	35	50	0.26	7.5	0.2	0.8	7.5	21	10	2	970	3.10E+04	3.21E+01	20	25	100
63	30	4	4	1	30	40	0.21	7.5	0.3	0.7	7.5	13	12	2	870	3.20E+04	3.68E+01	20	25	100
64	30	4	4	1	30	50	0.2	7.5	0.3	0.7	7.5	19	8	6	840	3.50E+04	4.17E+01	20	25	100
65	30	4	4	0	20	40	0.2	7.5	0.3	0.8	7.5	21	8	6	860	3.50E+04	4.06E+01	20	25	100
66	30	4	4	0	35	40	0.26	7.5	0.35	0.7	7.5	19	8	2	1000	2.90E+04	2.76E+01	20	25	100
67	30	4	4	1	20	35	0.26	7.5	0.2	0.8	7.5	21	2	2	970	3.50E+04	3.56E+01	20	25	100
68	30	4	4	0	25	35	0.21	7.5	0.2	0.8	7.5	18	8	0	830	3.60E+04	4.30E+01	20	25	100
69	30	4	4	0	20	35	0.2	7.5	0.3	0.8	7.5	14	13	4	860	4.00E+04	4.62E+01	20	25	100
70	30	4	3	1	25	45	0.21	10	0.4	0.7	7.5	19	12	0	860	4.00E+04	4.72E+01	16	20	75



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ESTRUTURAS



INDIVÍDUO	NumGen	NX	NY	DL	FCKCML	FCKCPM	HL	LU	HV	BV	LLV	NA	NB	NPT	Volume Concreto (m³)	Peso de Aço (kg)	Taxa de Aço Total (Kg/m³)	QDV	QDP	QDL
71	30	4	4	0	35	50	0.26	7.5	0.25	0.7	7.5	17	14	4	980	3.80E+04	3.87E+01	20	25	100
72	30	4	4	1	30	45	0.17	7.5	0.3	0.8	7.5	19	12	0	810	4.00E+04	4.95E+01	20	25	100
73	30	4	4	0	25	45	0.26	7.5	0.4	0.4	7.5	13	8	2	980	3.20E+04	3.28E+01	20	25	100
74	30	4	4	0	25	40	0.26	7.5	0.3	0.8	7.5	14	10	2	1000	3.20E+04	3.09E+01	20	25	100
75	30	4	4	1	30	45	0.26	7.5	0.35	0.7	7.5	18	12	0	1000	3.00E+04	2.87E+01	20	25	100
76	30	4	4	0	30	40	0.21	7.5	0.4	0.8	7.5	20	4	0	950	3.20E+04	3.34E+01	20	25	100
77	30	4	4	1	20	45	0.26	7.5	0.2	0.8	7.5	14	10	6	970	3.40E+04	3.50E+01	20	25	100
78	30	3	4	1	20	45	0.2	7.5	0.25	0.8	10	20	14	0	820	3.50E+04	4.26E+01	15	20	100
79	30	4	4	0	35	50	0.21	7.5	0.25	0.8	7.5	18	12	0	860	3.40E+04	3.93E+01	20	25	100
80	30	4	4	1	35	50	0.26	7.5	0.2	0.8	7.5	20	14	4	970	3.40E+04	3.48E+01	20	25	100
81	30	4	4	1	35	40	0.21	7.5	0.25	0.7	7.5	19	4	0	840	3.00E+04	3.54E+01	20	25	100
82	30	4	4	0	35	50	0.21	7.5	0.35	0.8	7.5	14	2	4	920	3.00E+04	3.27E+01	20	25	100
83	30	4	4	1	30	50	0.26	7.5	0.2	0.8	7.5	14	13	2	970	3.30E+04	3.34E+01	20	25	100
84	30	4	4	1	35	45	0.26	7.5	0.25	0.8	7.5	20	12	6	1000	3.30E+04	3.30E+01	20	25	100
85	30	4	4	1	20	35	0.21	7.5	0.35	0.8	7.5	21	8	2	920	3.80E+04	4.14E+01	20	25	100
86	30	4	4	0	30	45	0.21	7.5	0.35	0.5	7.5	15	10	4	840	3.40E+04	4.06E+01	20	25	100
87	30	3	4	1	25	40	0.17	7.5	0.4	0.4	10	13	12	0	750	2.80E+04	3.76E+01	15	20	100
88	30	4	4	1	35	35	0.2	7.5	0.4	0.5	7.5	15	2	0	840	2.70E+04	3.20E+01	20	25	100
89	30	4	4	1	35	40	0.17	7.5	0.25	0.7	7.5	19	8	2	760	3.20E+04	4.18E+01	20	25	100
90	30	4	4	1	35	35	0.26	7.5	0.35	0.5	7.5	15	6	6	980	3.10E+04	3.17E+01	20	25	100
91	30	4	4	0	25	35	0.17	7.5	0.25	0.6	7.5	17	6	4	740	3.70E+04	4.96E+01	20	25	100
92	30	4	4	1	20	35	0.21	7.5	0.4	0.5	7.5	15	8	0	860	3.30E+04	3.76E+01	20	25	100
93	30	4	4	1	30	40	0.21	7.5	0.4	0.4	7.5	13	4	0	830	2.00E+04	2.43E+01	20	25	100
94	30	4	4	0	25	45	0.26	7.5	0.4	0.7	7.5	19	14	2	1100	3.20E+04	2.96E+01	20	25	100
95	30	4	4	1	20	45	0.26	7.5	0.2	0.8	7.5	20	14	0	970	3.00E+04	3.13E+01	20	25	100
96	30	4	4	0	30	40	0.21	7.5	0.35	0.7	7.5	19	8	0	890	3.20E+04	3.56E+01	20	25	100
97	30	4	4	1	30	40	0.21	7.5	0.25	0.7	7.5	16	12	4	840	3.30E+04	3.91E+01	20	25	100
98	30	4	4	1	35	50	0.17	7.5	0.3	0.4	7.5	13	12	4	720	2.80E+04	3.81E+01	20	25	100
99	30	4	4	0	20	40	0.26	7.5	0.4	0.7	7.5	18	14	4	1100	3.00E+04	2.85E+01	20	25	100
100	30	4	4	0	25	45	0.13	7.5	0.3	0.6	7.5	15	12	4	690	2.90E+04	4.23E+01	20	25	100
101	30	4	4	0	35	40	0.2	7.5	0.4	0.8	7.5	21	14	2	920	3.50E+04	3.82E+01	20	25	100
102	30	4	4	1	20	35	0.17	7.5	0.25	0.6	7.5	17	8	4	740	3.50E+04	4.72E+01	20	25	100
103	30	4	4	1	35	40	0.26	7.5	0.4	0.7	7.5	18	14	0	1100	3.10E+04	2.90E+01	20	25	100
104	30	4	4	0	30	35	0.13	7.5	0.3	0.7	7.5	19	10	2	720	3.80E+04	5.25E+01	20	25	100
105	30	4	4	1	35	40	0.26	7.5	0.2	0.6	7.5	17	8	4	940	2.70E+04	2.84E+01	20	25	100



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ESTRUTURAS



INDIVÍDUO	NumGen	NX	NY	DL	FCKCML	FCKCPM	HL	LU	HV	BV	LLV	NA	NB	NPT	Volume Concreto (m³)	Peso de Aço (kg)	Taxa de Aço Total (Kg/m³)	QDV	QDP	QDL
106	30	4	4	1	25	35	0.2	7.5	0.25	0.8	7.5	19	10	0	830	3.90E+04	4.70E+01	20	25	100
107	30	4	4	1	20	45	0.21	7.5	0.3	0.8	7.5	21	10	4	890	4.20E+04	4.77E+01	20	25	100
108	30	4	4	0	35	40	0.21	7.5	0.4	0.6	7.5	17	10	2	890	3.20E+04	3.57E+01	20	25	100
109	30	4	4	1	35	40	0.17	7.5	0.35	0.8	7.5	21	12	2	840	3.60E+04	4.30E+01	20	25	100
110	30	4	4	0	30	35	0.26	7.5	0.4	0.7	7.5	18	12	2	1100	3.50E+04	3.26E+01	20	25	100
111	30	4	4	1	25	40	0.17	7.5	0.25	0.8	7.5	21	12	0	780	3.50E+04	4.48E+01	20	25	100
112	30	4	4	1	30	50	0.2	7.5	0.3	0.4	7.5	13	12	6	770	2.80E+04	3.65E+01	20	25	100
113	30	4	4	0	30	40	0.2	7.5	0.25	0.7	7.5	19	12	2	810	3.20E+04	3.90E+01	20	25	100
114	30	4	4	1	30	35	0.17	7.5	0.3	0.8	7.5	18	14	0	810	4.10E+04	5.00E+01	20	25	100
115	30	4	4	1	30	50	0.21	7.5	0.25	0.5	7.5	15	14	2	800	3.50E+04	4.45E+01	20	25	100
116	30	4	4	0	20	40	0.26	7.5	0.3	0.7	7.5	19	12	2	1000	3.10E+04	3.08E+01	20	25	100
117	30	4	4	1	20	35	0.26	7.5	0.25	0.8	7.5	19	12	4	1000	3.80E+04	3.78E+01	20	25	100
118	30	4	4	1	35	50	0.26	7.5	0.4	0.4	7.5	13	12	6	980	3.10E+04	3.17E+01	20	25	100
119	30	3	4	0	35	35	0.26	10	0.4	0.8	7.5	20	14	6	1000	3.80E+04	3.69E+01	16	20	75
120	30	4	4	0	25	35	0.26	7.5	0.35	0.5	7.5	14	10	2	980	3.20E+04	3.24E+01	20	25	100
121	30	4	4	1	20	45	0.21	7.5	0.3	0.7	7.5	19	12	0	870	3.90E+04	4.53E+01	20	25	100
122	30	4	4	1	25	40	0.17	7.5	0.25	0.7	7.5	19	14	0	760	3.40E+04	4.48E+01	20	25	100
123	30	4	4	1	25	40	0.26	7.5	0.2	0.4	7.5	13	8	0	900	2.50E+04	2.74E+01	20	25	100
124	30	4	4	1	25	40	0.2	7.5	0.4	0.5	7.5	15	8	2	840	2.40E+04	2.88E+01	20	25	100
125	30	3	4	0	25	35	0.21	10	0.3	0.8	7.5	20	14	6	830	4.30E+04	5.17E+01	16	20	75
126	30	4	4	1	25	50	0.26	7.5	0.35	0.4	7.5	13	12	4	960	3.00E+04	3.18E+01	20	25	100
127	30	4	4	0	30	35	0.21	7.5	0.35	0.7	7.5	19	12	0	890	3.80E+04	4.20E+01	20	25	100
128	30	4	4	0	25	45	0.26	7.5	0.4	0.5	7.5	15	14	4	1000	3.30E+04	3.24E+01	20	25	100
129	30	4	4	1	35	35	0.2	7.5	0.3	0.8	7.5	21	12	6	860	3.90E+04	4.53E+01	20	25	100
130	30	4	4	0	20	40	0.17	7.5	0.25	0.8	7.5	13	8	2	780	2.60E+04	3.33E+01	20	25	100
131	30	4	4	0	20	40	0.21	7.5	0.25	0.5	7.5	15	10	6	800	3.20E+04	4.07E+01	20	25	100
132	30	4	3	0	25	35	0.2	7.5	0.4	0.8	10	16	8	4	920	3.30E+04	3.55E+01	15	20	100
133	30	4	4	0	20	35	0.26	7.5	0.3	0.7	7.5	19	8	0	1000	3.70E+04	3.70E+01	20	25	100
134	30	4	4	1	35	35	0.13	7.5	0.3	0.7	7.5	19	14	2	720	3.90E+04	5.38E+01	20	25	100
135	30	4	3	0	25	35	0.21	7.5	0.3	0.6	10	17	14	4	830	3.90E+04	4.68E+01	15	20	100
136	30	4	4	1	20	35	0.21	7.5	0.3	0.7	7.5	19	12	6	870	3.80E+04	4.40E+01	20	25	100
137	30	4	4	0	20	50	0.26	7.5	0.4	0.5	7.5	15	14	0	1000	3.70E+04	3.69E+01	20	25	100
138	30	3	4	0	20	35	0.26	10	0.2	0.8	7.5	21	10	6	930	4.30E+04	4.64E+01	16	20	75
139	30	4	4	0	30	50	0.26	7.5	0.3	0.4	7.5	13	12	6	940	3.00E+04	3.22E+01	20	25	100
140	30	3	4	0	30	50	0.21	10	0.4	0.8	7.5	19	10	4	880	3.50E+04	3.99E+01	16	20	75



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ESTRUTURAS



INDIVÍDUO	NumGen	NX	NY	DL	FCKCML	FCKCPM	HL	LU	HV	BV	LLV	NA	NB	NPT	Volume Concreto (m³)	Peso de Aço (kg)	Taxa de Aço Total (Kg/m³)	QDV	QDP	QDL
141	30	4	4	1	25	35	0.17	7.5	0.25	0.7	7.5	19	14	0	760	3.70E+04	4.79E+01	20	25	100
142	30	4	4	1	20	50	0.26	7.5	0.4	0.4	7.5	14	13	6	980	3.50E+04	3.58E+01	20	25	100
143	30	4	4	0	25	35	0.26	7.5	0.2	0.7	7.5	18	12	0	950	3.50E+04	3.66E+01	20	25	100
144	30	4	4	0	20	35	0.26	7.5	0.35	0.6	7.5	17	12	0	1000	3.30E+04	3.24E+01	20	25	100
145	30	4	4	0	35	40	0.26	7.5	0.25	0.7	7.5	19	14	0	980	3.10E+04	3.12E+01	20	25	100
146	30	4	4	0	25	35	0.26	7.5	0.25	0.8	7.5	21	12	2	1000	3.70E+04	3.70E+01	20	25	100
147	30	4	4	0	20	35	0.21	7.5	0.2	0.7	7.5	19	14	0	810	3.60E+04	4.49E+01	20	25	100
148	30	4	3	0	25	40	0.13	7.5	0.4	0.5	10	15	14	6	710	3.00E+04	4.17E+01	15	20	100
149	30	4	4	0	20	40	0.21	7.5	0.2	0.5	7.5	15	14	0	770	3.10E+04	3.97E+01	20	25	100
150	30	4	4	1	35	40	0.21	7.5	0.4	0.6	7.5	17	14	2	890	3.40E+04	3.82E+01	20	25	100
151	30	4	4	0	30	40	0.21	7.5	0.3	0.6	7.5	17	14	6	840	2.80E+04	3.38E+01	20	25	100
152	30	4	4	1	35	35	0.21	7.5	0.25	0.8	7.5	21	10	6	860	4.10E+04	4.74E+01	20	25	100
153	30	4	4	1	25	35	0.26	7.5	0.25	0.7	7.5	19	12	0	980	3.70E+04	3.78E+01	20	25	100
154	30	3	4	0	25	35	0.21	10	0.25	0.8	7.5	18	12	6	810	3.70E+04	4.57E+01	16	20	75
155	30	4	4	0	20	35	0.26	7.5	0.2	0.4	7.5	13	8	6	900	3.20E+04	3.58E+01	20	25	100
156	30	4	4	0	30	45	0.17	7.5	0.2	0.8	7.5	16	14	6	750	3.60E+04	4.77E+01	20	25	100
157	30	4	4	0	25	35	0.17	7.5	0.35	0.8	7.5	17	12	4	840	3.50E+04	4.18E+01	20	25	100
158	30	4	4	0	35	40	0.26	7.5	0.2	0.5	7.5	15	10	4	920	3.10E+04	3.39E+01	20	25	100
159	30	4	4	1	30	40	0.21	7.5	0.25	0.8	7.5	21	14	6	860	3.90E+04	4.57E+01	20	25	100
160	30	4	4	1	25	35	0.2	7.5	0.35	0.6	7.5	17	12	2	840	3.30E+04	3.96E+01	20	25	100
161	30	4	4	0	35	35	0.21	7.5	0.3	0.8	7.5	21	12	2	890	4.20E+04	4.67E+01	20	25	100
162	30	4	4	0	25	35	0.26	7.5	0.25	0.8	7.5	21	14	4	1000	4.10E+04	4.04E+01	20	25	100
163	30	3	4	0	20	35	0.21	10	0.35	0.8	7.5	16	14	2	860	4.60E+04	5.36E+01	16	20	75
164	30	4	4	1	20	35	0.26	7.5	0.25	0.6	7.5	17	10	2	960	3.70E+04	3.82E+01	20	25	100
165	30	4	4	1	30	40	0.21	7.5	0.4	0.5	7.5	15	14	4	860	2.70E+04	3.11E+01	20	25	100
166	30	4	4	1	30	40	0.26	7.5	0.35	0.6	7.5	17	14	6	1000	3.40E+04	3.37E+01	20	25	100
167	30	4	4	0	20	45	0.26	7.5	0.25	0.5	7.5	15	14	2	940	3.10E+04	3.33E+01	20	25	100
168	30	4	4	1	25	35	0.2	7.5	0.4	0.6	7.5	17	14	2	870	3.40E+04	3.97E+01	20	25	100
169	30	4	4	0	30	35	0.21	7.5	0.2	0.8	7.5	21	14	6	830	4.20E+04	5.11E+01	20	25	100
170	30	4	4	1	30	35	0.21	7.5	0.35	0.5	7.5	15	14	6	840	3.60E+04	4.32E+01	20	25	100
171	30	4	4	1	35	45	0.17	7.5	0.35	0.4	7.5	14	13	0	740	3.20E+04	4.29E+01	20	25	100
172	30	4	4	1	20	35	0.13	7.5	0.3	0.8	7.5	15	4	6	740	3.30E+04	4.45E+01	20	25	100
173	30	4	4	1	35	40	0.2	7.5	0.35	0.5	7.5	15	14	0	810	2.60E+04	3.22E+01	20	25	100
174	30	4	4	0	20	35	0.21	7.5	0.2	0.4	7.5	14	13	2	760	3.60E+04	4.74E+01	20	25	100
175	30	4	4	1	20	40	0.2	7.5	0.3	0.5	7.5	15	0	6	790	3.40E+04	4.32E+01	20	25	100



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ESTRUTURAS



INDIVÍDUO	NumGen	NX	NY	DL	FCKCML	FCKCPM	HL	LU	HV	BV	LLV	NA	NB	NPT	Volume Concreto (m³)	Peso de Aço (kg)	Taxa de Aço Total (Kg/m³)	QDV	QDP	QDL
176	30	4	4	0	35	35	0.26	7.5	0.3	0.5	7.5	15	14	2	960	3.50E+04	3.67E+01	20	25	100
177	30	3	4	0	30	35	0.26	10	0.25	0.8	7.5	17	10	0	950	3.10E+04	3.28E+01	16	20	75
178	30	4	4	1	30	50	0.13	7.5	0.25	0.8	7.5	21	2	6	710	3.60E+04	5.15E+01	20	25	100
179	30	4	4	0	20	35	0.26	7.5	0.25	0.4	7.5	13	12	6	920	3.50E+04	3.82E+01	20	25	100
180	30	4	4	0	30	35	0.26	7.5	0.35	0.5	7.5	15	14	6	980	3.80E+04	3.83E+01	20	25	100
181	30	4	4	0	25	35	0.17	7.5	0.35	0.4	7.5	14	13	2	740	3.20E+04	4.35E+01	20	25	100
182	30	3	4	0	25	45	0.2	10	0.3	0.7	7.5	19	12	2	780	3.40E+04	4.35E+01	16	20	75
183	30	4	4	1	20	35	0.13	7.5	0.25	0.8	7.5	18	12	4	710	3.70E+04	5.25E+01	20	25	100
184	30	4	4	1	30	35	0.17	7.5	0.25	0.5	7.5	12	10	6	720	3.10E+04	4.24E+01	20	25	100
185	30	4	4	1	30	35	0.17	7.5	0.4	0.6	7.5	17	10	6	820	3.30E+04	4.08E+01	20	25	100
186	30	4	3	1	25	45	0.26	10	0.35	0.8	7.5	21	12	4	1000	3.50E+04	3.48E+01	16	20	75
187	30	4	4	0	35	45	0.2	7.5	0.35	0.6	7.5	17	6	4	840	4.20E+04	4.99E+01	20	25	100
188	30	4	4	1	30	35	0.2	7.5	0.35	0.8	7.5	14	0	6	890	4.00E+04	4.48E+01	20	25	100
189	30	4	4	0	25	35	0.17	7.5	0.3	0.4	7.5	13	8	4	720	2.90E+04	4.01E+01	20	25	100
190	30	4	4	1	30	50	0.2	7.5	0.4	0.6	7.5	14	12	2	870	4.30E+04	4.95E+01	20	25	100
191	30	4	4	0	25	45	0.17	7.5	0.25	0.4	7.5	13	12	4	700	3.10E+04	4.36E+01	20	25	100
192	30	4	4	1	30	40	0.21	7.5	0.4	0.5	7.5	15	8	0	860	3.50E+04	4.03E+01	20	25	100
193	30	4	4	0	20	50	0.2	7.5	0.4	0.6	7.5	16	14	2	870	3.90E+04	4.49E+01	20	25	100
194	30	4	4	0	25	40	0.2	7.5	0.4	0.7	7.5	19	12	2	900	4.10E+04	4.53E+01	20	25	100
195	30	4	4	1	25	50	0.21	7.5	0.25	0.5	7.5	14	10	2	800	3.50E+04	4.42E+01	20	25	100
196	30	3	4	1	35	35	0.2	7.5	0.35	0.8	10	20	14	0	880	4.60E+04	5.21E+01	15	20	100
197	30	4	4	0	20	40	0.26	7.5	0.35	0.4	7.5	13	6	2	960	3.30E+04	3.40E+01	20	25	100
198	30	4	4	1	25	35	0.13	7.5	0.2	0.6	7.5	17	14	6	640	3.60E+04	5.58E+01	20	25	100
199	30	4	4	0	20	45	0.17	7.5	0.4	0.8	7.5	16	12	0	880	3.30E+04	3.80E+01	20	25	100
200	30	4	4	1	30	40	0.26	7.5	0.35	0.5	7.5	15	4	0	980	3.30E+04	3.33E+01	20	25	100
201	30	4	4	1	25	40	0.21	7.5	0.3	0.6	7.5	17	10	0	840	3.70E+04	4.38E+01	20	25	100
202	30	4	4	1	20	50	0.2	7.5	0.35	0.7	7.5	19	14	0	870	4.10E+04	4.68E+01	20	25	100
203	30	4	4	0	20	40	0.17	7.5	0.35	0.7	7.5	16	12	2	820	2.70E+04	3.33E+01	20	25	100
204	30	4	4	1	30	35	0.17	7.5	0.2	0.8	7.5	20	14	0	750	3.50E+04	4.66E+01	20	25	100
205	30	4	4	0	30	35	0.2	7.5	0.25	0.5	7.5	15	14	4	770	4.50E+04	5.85E+01	20	25	100
206	30	4	4	0	25	35	0.2	7.5	0.35	0.7	7.5	19	14	0	870	4.60E+04	5.35E+01	20	25	100
207	30	4	4	1	25	50	0.17	7.5	0.4	0.8	7.5	20	4	6	880	3.20E+04	3.68E+01	20	25	100
208	30	3	4	0	35	50	0.21	10	0.4	0.8	7.5	17	12	6	880	3.50E+04	3.99E+01	16	20	75
209	30	4	4	0	25	40	0.26	7.5	0.25	0.7	7.5	13	12	4	980	3.70E+04	3.76E+01	20	25	100
210	30	4	3	0	25	40	0.21	7.5	0.35	0.8	10	21	14	0	910	4.20E+04	4.59E+01	15	20	100



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ESTRUTURAS



INDIVÍDUO	NumGen	NX	NY	DL	FCKCML	FCKCPM	HL	LU	HV	BV	LLV	NA	NB	NPT	Volume Concreto (m³)	Peso de Aço (kg)	Taxa de Aço Total (Kg/m³)	QDV	QDP	QDL
211	30	4	4	1	35	40	0.17	7.5	0.35	0.8	7.5	21	14	4	840	3.30E+04	3.86E+01	20	25	100
212	30	4	4	0	35	35	0.13	7.5	0.25	0.5	7.5	15	14	6	650	3.60E+04	5.60E+01	20	25	100
213	30	4	4	1	25	35	0.17	7.5	0.25	0.5	7.5	15	6	2	720	2.80E+04	3.84E+01	20	25	100
214	30	4	4	0	35	45	0.17	7.5	0.25	0.6	7.5	14	14	2	740	3.10E+04	4.15E+01	20	25	100
215	30	3	4	0	20	40	0.26	10	0.3	0.7	7.5	19	8	0	960	2.40E+04	2.55E+01	16	20	75
216	30	4	4	0	20	35	0.21	7.5	0.25	0.4	7.5	14	13	0	780	4.10E+04	5.35E+01	20	25	100
217	30	4	4	1	25	45	0.26	7.5	0.25	0.6	7.5	10	8	2	960	3.30E+04	3.42E+01	20	25	100
218	30	4	4	1	25	45	0.26	7.5	0.2	0.7	7.5	15	10	2	950	4.30E+04	4.52E+01	20	25	100
219	30	4	4	0	30	40	0.21	7.5	0.4	0.8	7.5	18	14	6	950	4.30E+04	4.47E+01	20	25	100
220	30	4	4	0	35	35	0.26	7.5	0.3	0.8	7.5	21	0	6	1000	4.50E+04	4.33E+01	20	25	100
221	30	4	4	1	35	50	0.17	7.5	0.35	0.5	7.5	15	0	6	770	2.60E+04	3.33E+01	20	25	100
222	30	3	4	0	30	45	0.26	10	0.3	0.8	7.5	21	12	4	980	3.30E+04	3.39E+01	16	20	75
223	30	3	4	1	20	35	0.26	7.5	0.4	0.8	10	21	10	0	1100	4.50E+04	4.12E+01	15	20	100
224	30	4	4	1	20	35	0.26	7.5	0.4	0.8	7.5	18	8	0	1100	4.40E+04	4.04E+01	20	25	100
225	30	4	4	0	25	40	0.26	7.5	0.4	0.6	7.5	14	14	4	1000	4.00E+04	3.85E+01	20	25	100
226	30	4	4	0	25	40	0.26	7.5	0.2	0.8	7.5	16	14	0	970	3.90E+04	4.04E+01	20	25	100
227	30	3	4	0	25	40	0.26	10	0.4	0.4	7.5	13	6	0	930	2.00E+04	2.14E+01	16	20	75
228	30	4	4	1	35	50	0.21	7.5	0.35	0.8	7.5	14	6	0	920	3.60E+04	3.87E+01	20	25	100
229	30	4	4	1	25	40	0.26	7.5	0.2	0.5	7.5	15	12	6	920	3.70E+04	4.07E+01	20	25	100
230	30	4	4	1	35	50	0.21	7.5	0.4	0.7	7.5	19	10	4	920	3.90E+04	4.28E+01	20	25	100
231	30	4	4	1	20	50	0.26	7.5	0.25	0.7	7.5	15	6	0	980	3.50E+04	3.53E+01	20	25	100
232	30	4	4	1	35	35	0.26	7.5	0.4	0.8	7.5	15	12	6	1100	4.80E+04	4.38E+01	20	25	100
233	30	4	4	0	35	45	0.21	7.5	0.4	0.7	7.5	19	14	2	920	4.80E+04	5.17E+01	20	25	100
234	30	4	4	1	30	40	0.26	7.5	0.4	0.8	7.5	13	6	2	1100	3.60E+04	3.29E+01	20	25	100
235	30	4	4	0	25	35	0.17	7.5	0.25	0.4	7.5	13	10	2	700	2.80E+04	3.99E+01	20	25	100
236	30	4	4	0	30	50	0.26	7.5	0.25	0.4	7.5	13	12	0	920	4.10E+04	4.42E+01	20	25	100
237	30	4	4	0	30	50	0.21	7.5	0.35	0.7	7.5	19	14	2	890	4.70E+04	5.26E+01	20	25	100
238	30	4	4	0	25	35	0.26	7.5	0.25	0.4	7.5	13	12	4	920	4.20E+04	4.57E+01	20	25	100
239	30	4	4	0	35	45	0.26	7.5	0.4	0.7	7.5	14	12	0	1100	4.30E+04	4.06E+01	20	25	100
240	30	4	3	1	20	35	0.17	10	0.3	0.6	7.5	17	10	0	720	3.20E+04	4.42E+01	16	20	75
241	30	4	4	0	20	40	0.17	7.5	0.2	0.8	7.5	16	10	2	750	2.50E+04	3.31E+01	20	25	100
242	30	4	4	1	25	35	0.26	7.5	0.35	0.7	7.5	18	12	2	1000	4.60E+04	4.43E+01	20	25	100
243	30	4	4	0	25	35	0.26	7.5	0.2	0.6	7.5	17	12	2	940	4.30E+04	4.64E+01	20	25	100
244	30	3	4	0	20	35	0.21	10	0.4	0.8	7.5	14	10	2	880	3.00E+04	3.41E+01	16	20	75
245	30	4	4	1	20	50	0.2	7.5	0.3	0.4	7.5	13	4	4	770	4.20E+04	5.48E+01	20	25	100



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ESTRUTURAS



INDIVÍDUO	NumGen	NX	NY	DL	FCKCML	FCKCPM	HL	LU	HV	BV	LLV	NA	NB	NPT	Volume Concreto (m³)	Peso de Aço (kg)	Taxa de Aço Total (Kg/m³)	QDV	QDP	QDL
246	30	4	4	0	30	35	0.26	7.5	0.25	0.6	7.5	17	12	0	960	4.30E+04	4.51E+01	20	25	100
247	30	4	4	0	20	35	0.26	7.5	0.35	0.7	7.5	19	12	4	1000	4.80E+04	4.58E+01	20	25	100
248	30	4	4	0	20	35	0.26	7.5	0.35	0.6	7.5	17	14	0	1000	4.50E+04	4.41E+01	20	25	100
249	30	4	4	1	20	40	0.26	7.5	0.4	0.7	7.5	19	14	6	1100	4.20E+04	3.89E+01	20	25	100
250	30	4	4	0	25	45	0.26	7.5	0.2	0.8	7.5	19	14	6	970	4.20E+04	4.31E+01	20	25	100
251	30	4	4	0	20	35	0.26	7.5	0.3	0.4	7.5	14	13	0	940	4.20E+04	4.43E+01	20	25	100
252	30	4	4	1	20	40	0.17	7.5	0.3	0.7	7.5	14	8	4	790	2.20E+04	2.81E+01	20	25	100
253	30	4	4	0	35	40	0.26	7.5	0.3	0.4	7.5	14	13	6	940	3.80E+04	4.04E+01	20	25	100
254	30	4	4	0	30	35	0.26	7.5	0.35	0.5	7.5	15	14	6	980	4.40E+04	4.45E+01	20	25	100
255	30	4	4	1	30	40	0.26	7.5	0.3	0.8	7.5	19	14	2	1000	4.20E+04	4.08E+01	20	25	100
256	30	4	4	1	25	40	0.26	7.5	0.3	0.7	7.5	19	14	6	1000	4.20E+04	4.12E+01	20	25	100
257	30	4	4	0	25	35	0.26	7.5	0.25	0.4	7.5	14	13	0	920	4.10E+04	4.52E+01	20	25	100
258	30	4	4	0	20	45	0.26	7.5	0.2	0.8	7.5	21	12	2	970	4.70E+04	4.80E+01	20	25	100
259	30	4	4	0	30	35	0.13	7.5	0.35	0.6	7.5	17	10	2	720	3.30E+04	4.58E+01	20	25	100
260	30	4	4	1	30	35	0.26	7.5	0.2	0.4	7.5	14	13	4	900	4.30E+04	4.76E+01	20	25	100
261	30	3	4	1	30	40	0.2	7.5	0.4	0.5	10	15	10	2	830	4.00E+04	4.87E+01	15	20	100
262	30	4	4	1	30	45	0.26	7.5	0.3	0.7	7.5	19	14	0	1000	4.00E+04	3.99E+01	20	25	100
263	30	4	4	0	35	35	0.26	7.5	0.25	0.4	7.5	14	13	6	920	4.40E+04	4.75E+01	20	25	100
264	30	4	4	1	35	45	0.2	7.5	0.2	0.4	7.5	13	12	6	730	4.60E+04	6.27E+01	20	25	100
265	30	4	4	0	35	50	0.26	7.5	0.35	0.8	7.5	17	4	6	1100	4.40E+04	4.12E+01	20	25	100
266	30	4	3	1	20	45	0.26	10	0.25	0.7	7.5	14	14	4	930	2.80E+04	3.05E+01	16	20	75
267	30	3	4	0	20	45	0.21	10	0.25	0.4	7.5	14	13	4	740	3.00E+04	4.13E+01	16	20	75
268	30	4	4	0	30	45	0.2	7.5	0.3	0.5	7.5	15	8	6	790	4.50E+04	5.74E+01	20	25	100
269	30	4	4	0	35	45	0.13	7.5	0.3	0.4	7.5	13	6	2	650	2.70E+04	4.16E+01	20	25	100
270	30	4	4	1	35	35	0.13	7.5	0.3	0.5	7.5	15	12	2	670	3.20E+04	4.70E+01	20	25	100
271	30	4	4	0	20	50	0.26	7.5	0.25	0.8	7.5	10	8	6	1000	3.10E+04	3.13E+01	20	25	100
272	30	3	4	0	20	45	0.21	10	0.35	0.7	7.5	17	12	0	830	3.00E+04	3.59E+01	16	20	75
273	30	4	4	0	30	35	0.13	7.5	0.4	0.4	7.5	13	10	2	690	2.90E+04	4.22E+01	20	25	100
274	30	4	4	0	35	35	0.17	7.5	0.3	0.6	7.5	14	13	4	770	3.00E+04	3.87E+01	20	25	100
275	30	3	3	1	35	50	0.21	10	0.35	0.8	10	21	14	0	870	3.50E+04	4.01E+01	12	16	75
276	30	4	4	1	30	45	0.17	7.5	0.35	0.7	7.5	19	8	0	820	3.00E+04	3.67E+01	20	25	100
277	30	4	4	1	20	35	0.21	7.5	0.2	0.5	7.5	15	8	0	770	4.40E+04	5.74E+01	20	25	100
278	30	4	4	0	20	35	0.21	7.5	0.25	0.6	7.5	17	4	0	820	4.40E+04	5.41E+01	20	25	100
279	30	4	4	1	20	40	0.2	7.5	0.25	0.6	7.5	17	14	0	790	4.30E+04	5.43E+01	20	25	100
280	30	4	4	1	25	45	0.17	7.5	0.4	0.8	7.5	19	14	4	880	2.90E+04	3.33E+01	20	25	100



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
 ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
 DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ESTRUTURAS



INDIVÍDUO	NumGen	NX	NY	DL	FCKCML	FCKCPM	HL	LU	HV	BV	LLV	NA	NB	NPT	Volume Concreto (m³)	Peso de Aço (kg)	Taxa de Aço Total (Kg/m³)	QDV	QDP	QDL
281	30	4	4	1	30	40	0.13	7.5	0.3	0.4	7.5	14	13	2	650	2.50E+04	3.82E+01	20	25	100
282	30	4	4	0	35	50	0.2	7.5	0.3	0.7	7.5	19	6	0	840	4.10E+04	4.90E+01	20	25	100
283	30	4	3	0	30	35	0.21	7.5	0.35	0.7	10	19	8	0	890	4.60E+04	5.23E+01	15	20	100
284	30	4	4	1	20	40	0.17	7.5	0.35	0.5	7.5	15	14	4	770	2.40E+04	3.15E+01	20	25	100
285	30	4	4	0	20	35	0.21	7.5	0.2	0.5	7.5	15	14	4	770	4.90E+04	6.28E+01	20	25	100
286	30	4	4	1	35	40	0.21	7.5	0.25	0.5	7.5	14	14	2	800	4.10E+04	5.21E+01	20	25	100
287	30	4	4	1	30	40	0.26	7.5	0.25	0.8	7.5	13	4	6	1000	3.10E+04	3.10E+01	20	25	100
288	30	4	4	0	30	50	0.2	7.5	0.3	0.8	7.5	14	7	6	860	4.20E+04	4.89E+01	20	25	100
289	30	4	4	0	35	35	0.21	7.5	0.2	0.8	7.5	16	12	2	830	4.90E+04	5.89E+01	20	25	100
290	30	4	4	1	30	45	0.21	7.5	0.3	0.8	7.5	20	2	0	890	4.60E+04	5.21E+01	20	25	100
291	30	4	4	0	35	50	0.13	7.5	0.25	0.7	7.5	19	14	2	690	3.40E+04	4.94E+01	20	25	100
292	30	4	4	0	30	35	0.21	7.5	0.35	0.5	7.5	15	14	0	840	4.80E+04	5.66E+01	20	25	100
293	30	4	4	0	30	45	0.13	7.5	0.3	0.7	7.5	19	14	6	720	3.50E+04	4.93E+01	20	25	100
294	30	3	3	1	30	35	0.2	10	0.35	0.8	10	20	14	0	840	3.30E+04	3.93E+01	12	16	75
295	30	4	4	0	20	45	0.21	7.5	0.4	0.7	7.5	19	10	0	920	4.90E+04	5.32E+01	20	25	100
296	30	4	4	1	35	35	0.21	7.5	0.4	0.7	7.5	17	12	6	920	5.00E+04	5.46E+01	20	25	100
297	30	3	4	0	20	45	0.2	10	0.35	0.8	7.5	18	0	4	830	2.60E+04	3.11E+01	16	20	75
298	30	4	4	0	30	45	0.21	7.5	0.3	0.8	7.5	21	8	6	890	5.10E+04	5.71E+01	20	25	100
299	30	4	4	1	25	50	0.13	7.5	0.4	0.7	7.5	15	6	0	770	2.90E+04	3.75E+01	20	25	100
300	30	4	3	1	35	50	0.21	10	0.3	0.8	7.5	20	10	2	830	3.00E+04	3.65E+01	16	20	75
301	30	4	4	1	35	45	0.21	7.5	0.2	0.4	7.5	13	8	4	760	4.00E+04	5.30E+01	20	25	100
302	30	4	4	1	20	50	0.21	7.5	0.35	0.8	7.5	13	2	0	920	4.30E+04	4.72E+01	20	25	100
303	30	4	4	0	35	50	0.13	7.5	0.4	0.7	7.5	19	12	2	770	3.40E+04	4.43E+01	20	25	100
304	30	4	4	1	25	40	0.13	7.5	0.3	0.7	7.5	18	10	2	720	2.60E+04	3.57E+01	20	25	100
305	30	4	4	0	25	45	0.13	7.5	0.3	0.8	7.5	16	2	6	740	2.20E+04	3.04E+01	20	25	100
306	30	3	4	0	35	45	0.2	10	0.35	0.4	7.5	13	10	4	740	2.20E+04	2.89E+01	16	20	75
307	30	4	4	0	35	35	0.13	7.5	0.3	0.6	7.5	17	8	2	690	2.80E+04	4.09E+01	20	25	100
308	30	4	4	0	30	40	0.21	7.5	0.3	0.8	7.5	15	0	4	890	4.00E+04	4.45E+01	20	25	100
309	30	4	4	0	25	50	0.26	7.5	0.35	0.4	7.5	13	0	2	960	2.40E+04	2.56E+01	20	25	100
310	30	4	4	0	20	50	0.13	7.5	0.25	0.8	7.5	20	12	2	710	2.80E+04	4.00E+01	20	25	100
311	30	4	3	0	30	35	0.13	7.5	0.4	0.5	10	15	14	0	710	2.80E+04	3.88E+01	15	20	100
312	30	4	4	1	20	45	0.13	7.5	0.35	0.7	7.5	19	8	2	740	3.10E+04	4.18E+01	20	25	100
313	30	3	4	0	35	40	0.17	10	0.35	0.5	7.5	15	14	0	720	2.40E+04	3.32E+01	16	20	75
314	30	4	4	0	35	45	0.13	7.5	0.25	0.4	7.5	13	8	4	630	2.00E+04	3.10E+01	20	25	100
315	30	4	4	1	35	50	0.13	7.5	0.2	0.6	7.5	17	12	6	640	2.70E+04	4.18E+01	20	25	100



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ESTRUTURAS



INDIVÍDUO	NumGen	NX	NY	DL	FCKCML	FCKCPM	HL	LU	HV	BV	LLV	NA	NB	NPT	Volume Concreto (m³)	Peso de Aço (kg)	Taxa de Aço Total (Kg/m³)	QDV	QDP	QDL
316	30	4	4	0	20	40	0.09	7.5	0.3	0.8	7.5	12	7	4	650	2.60E+04	3.92E+01	20	25	100
317	30	4	4	0	35	45	0.13	7.5	0.35	0.4	7.5	13	12	2	670	2.10E+04	3.13E+01	20	25	100
318	30	4	4	1	35	35	0.09	7.5	0.2	0.8	7.5	21	14	0	590	3.60E+04	6.08E+01	20	25	100
319	30	4	4	1	25	45	0.13	7.5	0.35	0.4	7.5	14	13	4	670	2.80E+04	4.16E+01	20	25	100
320	30	4	3	0	35	35	0.09	7.5	0.35	0.8	10	17	14	0	670	3.30E+04	4.91E+01	15	20	100
321	30	4	3	1	25	35	0.17	10	0.4	0.4	7.5	13	12	0	720	2.50E+04	3.52E+01	16	20	75
322	30	4	4	1	25	35	0.21	7.5	0.25	0.7	7.5	10	7	0	840	3.10E+04	3.68E+01	20	25	100
323	30	4	4	0	20	40	0.09	7.5	0.4	0.8	7.5	18	0	0	710	2.30E+04	3.27E+01	20	25	100
324	30	4	4	0	30	45	0.09	7.5	0.3	0.8	7.5	18	4	2	650	2.60E+04	3.95E+01	20	25	100
325	30	4	4	0	25	35	0.09	7.5	0.25	0.8	7.5	21	4	2	620	3.10E+04	4.98E+01	20	25	100
326	30	4	4	0	20	40	0.09	7.5	0.4	0.8	7.5	15	14	0	710	2.80E+04	3.97E+01	20	25	100
327	30	4	4	1	25	35	0.09	7.5	0.4	0.5	7.5	15	2	4	640	2.70E+04	4.26E+01	20	25	100
328	30	4	4	0	30	40	0.09	7.5	0.4	0.7	7.5	15	4	6	690	2.40E+04	3.49E+01	20	25	100
329	30	4	4	1	20	45	0.09	7.5	0.3	0.7	7.5	18	12	0	630	2.70E+04	4.31E+01	20	25	100
330	30	4	4	1	25	40	0.09	7.5	0.4	0.4	7.5	10	8	6	610	2.00E+04	3.34E+01	20	25	100
331	30	4	4	0	25	40	0.09	7.5	0.25	0.7	7.5	19	14	4	600	3.00E+04	4.91E+01	20	25	100
332	30	4	4	1	35	45	0.09	7.5	0.4	0.7	7.5	19	0	2	690	2.40E+04	3.46E+01	20	25	100
333	30	4	3	1	25	45	0.13	10	0.3	0.7	7.5	17	14	6	660	3.00E+04	4.52E+01	16	20	75
334	30	4	4	1	20	35	0.09	7.5	0.4	0.8	7.5	15	12	2	710	3.30E+04	4.68E+01	20	25	100
335	30	4	3	1	25	45	0.26	10	0.2	0.4	7.5	14	13	6	860	2.80E+04	3.26E+01	16	20	75
336	30	4	4	0	20	35	0.09	7.5	0.35	0.8	7.5	15	0	6	680	2.60E+04	3.88E+01	20	25	100
337	30	4	4	0	30	45	0.09	7.5	0.3	0.6	7.5	17	0	2	610	2.60E+04	4.25E+01	20	25	100
338	30	3	4	1	30	50	0.2	7.5	0.4	0.4	10	14	8	4	800	3.80E+04	4.80E+01	15	20	100
339	30	4	3	0	25	45	0.09	7.5	0.4	0.8	10	18	8	4	710	3.10E+04	4.40E+01	15	20	100
340	30	3	4	0	35	45	0.2	10	0.35	0.4	7.5	13	4	4	740	2.60E+04	3.56E+01	16	20	75
341	30	4	3	0	20	45	0.13	7.5	0.4	0.8	10	21	0	0	790	3.30E+04	4.13E+01	15	20	100
342	30	3	4	0	30	45	0.17	10	0.3	0.8	7.5	17	12	0	760	2.60E+04	3.47E+01	16	20	75
343	30	4	4	1	35	35	0.13	7.5	0.3	0.4	7.5	13	2	4	650	2.70E+04	4.17E+01	20	25	100
344	30	4	4	1	30	40	0.09	7.5	0.2	0.8	7.5	18	14	4	590	2.60E+04	4.48E+01	20	25	100
345	30	4	4	0	30	40	0.09	7.5	0.3	0.5	7.5	15	8	6	590	2.20E+04	3.67E+01	20	25	100
346	30	4	4	1	35	35	0.09	7.5	0.2	0.8	7.5	21	10	0	590	3.10E+04	5.30E+01	20	25	100
347	30	4	4	1	20	40	0.09	7.5	0.4	0.8	7.5	17	10	0	710	2.60E+04	3.58E+01	20	25	100
348	30	4	4	1	25	45	0.17	7.5	0.25	0.8	7.5	15	2	0	780	2.00E+04	2.60E+01	20	25	100
349	30	4	4	1	20	45	0.13	7.5	0.2	0.8	7.5	21	0	4	670	2.40E+04	3.59E+01	20	25	100
350	30	4	4	1	25	40	0.09	7.5	0.4	0.6	7.5	17	6	2	660	2.20E+04	3.33E+01	20	25	100



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
 ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
 DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ESTRUTURAS



INDIVÍDUO	NumGen	NX	NY	DL	FCKCML	FCKCPM	HL	LU	HV	BV	LLV	NA	NB	NPT	Volume Concreto (m³)	Peso de Aço (kg)	Taxa de Aço Total (Kg/m³)	QDV	QDP	QDL
351	30	4	4	1	35	40	0.09	7.5	0.35	0.7	7.5	18	10	2	660	2.60E+04	3.90E+01	20	25	100
352	30	4	4	0	20	45	0.09	7.5	0.3	0.7	7.5	19	6	2	630	2.30E+04	3.70E+01	20	25	100
353	30	4	4	0	30	40	0.09	7.5	0.25	0.6	7.5	17	4	4	590	2.00E+04	3.36E+01	20	25	100
354	30	4	4	0	30	35	0.09	7.5	0.35	0.6	7.5	17	12	6	640	3.10E+04	4.81E+01	20	25	100
355	30	4	4	1	20	40	0.09	7.5	0.4	0.7	7.5	19	14	6	690	2.80E+04	4.13E+01	20	25	100
356	30	4	4	1	20	35	0.2	7.5	0.35	0.8	7.5	8	4	2	890	3.00E+04	3.39E+01	20	25	100
357	30	4	4	1	20	40	0.09	7.5	0.25	0.4	7.5	14	13	0	550	2.00E+04	3.70E+01	20	25	100
358	30	4	4	1	30	35	0.09	7.5	0.3	0.8	7.5	21	12	0	650	3.30E+04	5.01E+01	20	25	100
359	30	4	3	1	25	35	0.13	10	0.35	0.7	7.5	18	12	0	690	2.90E+04	4.19E+01	16	20	75
360	30	4	4	1	25	35	0.26	7.5	0.2	0.8	7.5	12	7	2	970	4.10E+04	4.20E+01	20	25	100
361	30	3	4	0	30	40	0.13	10	0.35	0.8	7.5	21	10	2	710	2.60E+04	3.68E+01	16	20	75
362	30	4	4	1	35	35	0.09	7.5	0.4	0.4	7.5	10	5	2	610	2.20E+04	3.58E+01	20	25	100
363	30	4	4	1	35	40	0.09	7.5	0.3	0.7	7.5	19	14	0	630	2.60E+04	4.08E+01	20	25	100
364	30	3	4	0	30	40	0.13	10	0.4	0.7	7.5	17	2	6	710	2.30E+04	3.25E+01	16	20	75
365	30	4	4	0	35	35	0.09	7.5	0.4	0.8	7.5	18	6	6	710	3.00E+04	4.26E+01	20	25	100
366	30	4	4	0	20	45	0.09	7.5	0.3	0.4	7.5	13	4	4	570	2.40E+04	4.23E+01	20	25	100
367	30	4	3	1	30	40	0.13	10	0.35	0.7	7.5	18	14	0	690	2.50E+04	3.62E+01	16	20	75
368	30	4	4	1	30	50	0.09	7.5	0.35	0.8	7.5	18	10	0	680	2.60E+04	3.78E+01	20	25	100
369	30	4	4	0	25	35	0.26	7.5	0.35	0.8	7.5	10	2	4	1100	3.00E+04	2.81E+01	20	25	100
370	30	4	4	1	30	40	0.09	7.5	0.35	0.7	7.5	19	12	2	660	2.60E+04	3.91E+01	20	25	100
371	30	4	4	0	25	35	0.09	7.5	0.2	0.8	7.5	16	14	4	590	3.30E+04	5.62E+01	20	25	100
372	30	4	4	0	25	50	0.09	7.5	0.3	0.4	7.5	14	13	4	570	2.80E+04	4.93E+01	20	25	100
373	30	4	4	0	35	35	0.09	7.5	0.4	0.8	7.5	18	14	0	710	3.30E+04	4.58E+01	20	25	100
374	30	2	4	0	35	50	0.21	15	0.4	0.8	7.5	19	12	2	830	4.00E+04	4.77E+01	12	15	50
375	30	4	4	1	30	35	0.09	7.5	0.4	0.6	7.5	17	14	2	660	3.10E+04	4.70E+01	20	25	100
376	30	4	4	1	35	50	0.09	7.5	0.4	0.8	7.5	21	10	4	710	3.40E+04	4.77E+01	20	25	100
377	30	3	4	0	30	35	0.2	10	0.3	0.8	7.5	15	2	2	800	3.60E+04	4.47E+01	16	20	75
378	30	4	4	1	20	50	0.09	7.5	0.4	0.8	7.5	21	10	6	710	3.50E+04	4.94E+01	20	25	100
379	30	4	4	0	35	50	0.09	7.5	0.4	0.7	7.5	19	12	4	690	3.30E+04	4.72E+01	20	25	100
380	30	4	4	0	30	40	0.09	7.5	0.3	0.8	7.5	10	8	6	650	2.40E+04	3.69E+01	20	25	100
381	30	3	4	0	20	50	0.17	10	0.35	0.8	7.5	15	2	6	780	2.30E+04	2.93E+01	16	20	75
382	30	4	4	0	35	50	0.09	7.5	0.3	0.4	7.5	13	10	0	570	1.90E+04	3.28E+01	20	25	100
383	30	4	4	0	20	50	0.09	7.5	0.35	0.6	7.5	17	14	0	640	2.40E+04	3.78E+01	20	25	100
384	30	3	4	0	30	40	0.13	10	0.35	0.5	7.5	15	14	4	650	2.10E+04	3.30E+01	16	20	75
385	30	3	4	0	20	35	0.13	10	0.3	0.4	7.5	13	10	6	610	2.20E+04	3.56E+01	16	20	75



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ESTRUTURAS



INDIVÍDUO	NumGen	NX	NY	DL	FCKCML	FCKCPM	HL	LU	HV	BV	LLV	NA	NB	NPT	Volume Concreto (m³)	Peso de Aço (kg)	Taxa de Aço Total (Kg/m³)	QDV	QDP	QDL
386	30	4	4	0	20	50	0.21	7.5	0.35	0.8	7.5	8	4	0	920	3.00E+04	3.26E+01	20	25	100
387	30	3	4	1	20	45	0.21	7.5	0.3	0.6	10	14	13	0	830	3.00E+04	3.60E+01	15	20	100
388	30	4	4	1	35	45	0.2	7.5	0.35	0.8	7.5	6	6	0	890	2.90E+04	3.20E+01	20	25	100
389	30	4	4	0	35	40	0.21	7.5	0.3	0.6	7.5	13	0	0	840	3.50E+04	4.15E+01	20	25	100
390	30	3	4	0	35	45	0.13	10	0.35	0.6	7.5	17	10	4	670	2.00E+04	3.01E+01	16	20	75
391	30	4	3	0	30	40	0.21	7.5	0.4	0.7	10	19	0	2	910	2.60E+04	2.88E+01	15	20	100
392	30	4	4	0	35	35	0.13	7.5	0.2	0.4	7.5	13	12	2	610	3.10E+04	5.03E+01	20	25	100
393	30	4	4	1	25	50	0.2	7.5	0.2	0.7	7.5	12	7	2	780	4.00E+04	5.13E+01	20	25	100
394	30	4	4	1	25	50	0.21	7.5	0.3	0.4	7.5	10	4	4	800	4.10E+04	5.17E+01	20	25	100
395	30	3	4	0	35	40	0.17	10	0.3	0.7	7.5	15	4	6	740	2.00E+04	2.68E+01	16	20	75
396	30	3	4	0	30	40	0.13	10	0.3	0.6	7.5	13	8	0	650	2.00E+04	3.10E+01	16	20	75
397	30	3	4	0	20	50	0.21	10	0.2	0.4	7.5	14	13	2	720	2.30E+04	3.12E+01	16	20	75
398	30	3	4	0	20	35	0.09	10	0.35	0.5	7.5	15	4	0	570	2.20E+04	3.78E+01	16	20	75
399	30	4	3	1	35	50	0.21	10	0.35	0.8	7.5	14	0	6	860	2.90E+04	3.44E+01	16	20	75
400	30	4	4	0	20	45	0.09	7.5	0.2	0.5	7.5	15	14	6	550	3.10E+04	5.62E+01	20	25	100
401	30	4	4	1	30	45	0.21	7.5	0.3	0.8	7.5	10	2	6	890	3.10E+04	3.43E+01	20	25	100
402	30	4	4	0	25	35	0.21	7.5	0.2	0.7	7.5	16	0	2	810	3.80E+04	4.73E+01	20	25	100
403	30	4	4	1	35	40	0.26	7.5	0.3	0.8	7.5	10	2	6	1000	2.50E+04	2.38E+01	20	25	100
404	30	3	4	1	35	40	0.21	7.5	0.25	0.7	10	19	10	6	830	3.50E+04	4.25E+01	15	20	100
405	30	4	4	1	20	40	0.09	7.5	0.2	0.8	7.5	16	10	4	590	2.80E+04	4.78E+01	20	25	100
406	30	4	4	1	20	40	0.13	7.5	0.2	0.6	7.5	17	4	6	640	2.10E+04	3.22E+01	20	25	100
407	30	4	4	1	20	40	0.21	7.5	0.2	0.8	7.5	14	2	4	830	2.80E+04	3.39E+01	20	25	100
408	30	4	3	0	35	45	0.26	7.5	0.3	0.7	10	19	6	2	1000	3.00E+04	3.04E+01	15	20	100
409	30	4	4	0	20	50	0.09	7.5	0.2	0.6	7.5	17	10	0	560	2.20E+04	3.87E+01	20	25	100
410	30	4	4	1	20	45	0.13	7.5	0.2	0.6	7.5	17	4	4	640	2.20E+04	3.45E+01	20	25	100
411	30	3	4	0	35	45	0.09	10	0.25	0.8	7.5	19	12	4	570	2.20E+04	3.82E+01	16	20	75
412	30	2	4	0	30	35	0.17	15	0.4	0.7	7.5	19	4	4	740	3.10E+04	4.23E+01	12	15	50
413	30	4	4	1	20	35	0.26	7.5	0.4	0.6	7.5	7	2	6	1000	3.60E+04	3.44E+01	20	25	100
414	30	4	3	1	35	50	0.09	10	0.35	0.8	7.5	17	10	6	620	2.90E+04	4.71E+01	16	20	75
415	30	3	4	0	30	45	0.17	10	0.2	0.5	7.5	15	14	0	670	2.40E+04	3.57E+01	16	20	75
416	30	4	4	0	25	35	0.13	7.5	0.2	0.4	7.5	13	10	4	610	3.10E+04	4.99E+01	20	25	100
417	30	4	4	1	30	40	0.17	7.5	0.25	0.7	7.5	13	0	4	760	2.70E+04	3.48E+01	20	25	100
418	30	3	4	0	30	50	0.09	10	0.35	0.8	7.5	20	14	2	620	2.40E+04	3.85E+01	16	20	75
419	30	4	4	0	25	40	0.09	7.5	0.4	0.8	7.5	6	4	6	710	2.00E+04	2.81E+01	20	25	100
420	30	4	3	1	35	50	0.21	10	0.2	0.5	7.5	15	10	0	740	2.10E+04	2.80E+01	16	20	75



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ESTRUTURAS



INDIVÍDUO	NumGen	NX	NY	DL	FCKCML	FCKCPM	HL	LU	HV	BV	LLV	NA	NB	NPT	Volume Concreto (m³)	Peso de Aço (kg)	Taxa de Aço Total (Kg/m³)	QDV	QDP	QDL
421	30	3	4	1	25	50	0.26	7.5	0.35	0.4	10	13	10	6	950	2.70E+04	2.90E+01	15	20	100
422	30	3	4	1	30	40	0.26	7.5	0.2	0.8	10	19	14	4	960	4.10E+04	4.22E+01	15	20	100
423	30	4	3	0	30	50	0.13	7.5	0.35	0.5	10	15	8	6	690	2.60E+04	3.83E+01	15	20	100
424	30	4	4	0	35	45	0.21	7.5	0.35	0.7	7.5	7	2	6	890	2.20E+04	2.49E+01	20	25	100
425	30	4	4	0	20	35	0.2	7.5	0.2	0.9	7.5	17	12	4	820	4.00E+04	4.93E+01	20	25	100
426	30	3	4	1	35	45	0.21	7.5	0.4	0.6	10	17	0	4	880	3.00E+04	3.42E+01	15	20	100
427	30	4	4	1	20	35	0.2	7.5	0.25	0.9	7.5	16	6	6	850	3.80E+04	4.43E+01	20	25	100
428	30	3	3	0	35	50	0.2	10	0.35	0.8	10	21	6	6	840	4.70E+04	5.53E+01	12	16	75
429	30	4	3	1	20	45	0.26	10	0.3	0.4	7.5	10	7	2	900	3.40E+04	3.78E+01	16	20	75
430	30	4	4	0	25	40	0.13	7.5	0.2	0.9	7.5	23	10	0	690	2.80E+04	4.12E+01	20	25	100
431	30	3	4	1	30	40	0.21	7.5	0.35	0.5	10	14	6	6	830	2.40E+04	2.85E+01	15	20	100
432	30	4	4	0	35	40	0.2	7.5	0.4	0.8	7.5	7	0	2	920	3.50E+04	3.73E+01	20	25	100
433	30	4	4	1	25	45	0.21	7.5	0.3	0.7	7.5	8	2	4	870	2.50E+04	2.83E+01	20	25	100
434	30	4	3	0	25	50	0.17	7.5	0.35	0.5	10	15	6	4	760	2.40E+04	3.16E+01	15	20	100
435	30	4	4	1	30	35	0.13	7.5	0.25	0.9	7.5	14	10	0	720	3.00E+04	4.21E+01	20	25	100
436	30	4	4	0	25	35	0.09	7.5	0.2	0.4	7.5	14	13	4	530	3.10E+04	5.86E+01	20	25	100
437	30	4	4	0	35	45	0.17	7.5	0.2	0.9	7.5	21	4	4	770	3.90E+04	5.07E+01	20	25	100
438	30	4	4	1	35	40	0.17	7.5	0.25	0.9	7.5	23	10	2	800	3.00E+04	3.79E+01	20	25	100
439	30	4	4	1	20	45	0.13	7.5	0.25	0.9	7.5	20	14	2	720	3.10E+04	4.26E+01	20	25	100
440	30	4	4	0	30	35	0.09	7.5	0.25	0.9	7.5	18	4	2	640	3.00E+04	4.67E+01	20	25	100
441	30	4	4	0	30	45	0.13	7.5	0.25	0.9	7.5	23	8	2	720	3.50E+04	4.87E+01	20	25	100
442	30	4	4	0	20	50	0.17	7.5	0.25	0.9	7.5	21	2	2	800	3.80E+04	4.76E+01	20	25	100
443	30	4	4	0	25	45	0.09	7.5	0.35	0.8	7.5	8	2	2	680	2.40E+04	3.47E+01	20	25	100
444	30	4	4	0	25	40	0.17	7.5	0.2	0.8	7.5	12	3	2	750	2.40E+04	3.17E+01	20	25	100
445	30	4	4	0	35	45	0.21	7.5	0.2	0.9	7.5	18	12	2	840	3.30E+04	3.89E+01	20	25	100
446	30	4	3	1	35	50	0.2	10	0.25	0.9	7.5	17	10	0	800	2.90E+04	3.69E+01	16	20	75
447	30	4	4	0	30	45	0.17	7.5	0.25	0.9	7.5	17	14	2	800	2.80E+04	3.56E+01	20	25	100
448	30	4	3	0	25	50	0.09	7.5	0.4	0.4	10	13	6	6	600	2.10E+04	3.46E+01	15	20	100
449	30	4	4	1	30	35	0.21	7.5	0.25	0.4	7.5	8	5	0	780	2.90E+04	3.73E+01	20	25	100
450	30	4	4	0	35	50	0.17	7.5	0.2	0.9	7.5	21	4	4	770	3.30E+04	4.28E+01	20	25	100
451	30	3	4	1	25	45	0.09	7.5	0.35	0.4	10	13	10	4	580	2.40E+04	4.19E+01	15	20	100
452	30	3	4	1	30	45	0.26	7.5	0.3	0.8	10	16	6	2	1000	3.00E+04	2.96E+01	15	20	100
453	30	4	4	0	30	45	0.17	7.5	0.25	0.4	7.5	13	0	2	700	2.30E+04	3.25E+01	20	25	100
454	30	3	4	1	20	35	0.09	7.5	0.3	0.5	10	15	12	4	580	2.60E+04	4.44E+01	15	20	100
455	30	4	3	1	20	40	0.26	10	0.25	0.9	7.5	23	8	4	970	2.80E+04	2.85E+01	16	20	75



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ESTRUTURAS



INDIVÍDUO	NumGen	NX	NY	DL	FCKCML	FCKCPM	HL	LU	HV	BV	LLV	NA	NB	NPT	Volume Concreto (m³)	Peso de Aço (kg)	Taxa de Aço Total (Kg/m³)	QDV	QDP	QDL
456	30	3	4	0	30	40	0.21	10	0.25	0.8	7.5	12	3	2	810	3.50E+04	4.34E+01	16	20	75
457	30	3	4	1	35	45	0.26	7.5	0.4	0.8	10	12	5	6	1100	3.10E+04	2.88E+01	15	20	100
458	30	4	4	0	20	40	0.09	7.5	0.25	0.4	7.5	13	2	0	550	1.60E+04	2.90E+01	20	25	100
459	30	4	4	0	30	35	0.09	7.5	0.3	0.7	7.5	7	4	2	630	2.50E+04	3.90E+01	20	25	100
460	30	4	3	1	25	45	0.26	10	0.2	0.9	7.5	17	12	6	940	3.30E+04	3.47E+01	16	20	75
461	30	4	4	0	30	50	0.2	7.5	0.25	0.9	7.5	20	2	0	850	4.30E+04	5.02E+01	20	25	100
462	30	4	4	0	30	40	0.26	7.5	0.3	0.6	7.5	7	2	0	990	2.10E+04	2.11E+01	20	25	100
463	30	3	3	0	25	35	0.2	10	0.35	0.8	10	18	6	6	840	3.10E+04	3.70E+01	12	16	75
464	30	4	4	1	30	45	0.21	7.5	0.2	0.9	7.5	16	12	0	840	4.90E+04	5.84E+01	20	25	100
465	30	3	4	0	20	50	0.26	10	0.25	0.9	7.5	18	10	6	970	3.50E+04	3.60E+01	16	20	75
466	30	4	4	1	20	45	0.09	7.5	0.25	0.8	7.5	13	0	6	620	2.60E+04	4.26E+01	20	25	100
467	30	4	4	0	30	35	0.09	7.5	0.2	0.4	7.5	13	12	0	530	2.80E+04	5.28E+01	20	25	100
468	30	4	4	0	30	45	0.21	7.5	0.25	0.9	7.5	18	0	6	880	4.60E+04	5.22E+01	20	25	100
469	30	4	3	1	25	35	0.17	10	0.35	0.4	7.5	10	2	0	700	1.70E+04	2.49E+01	16	20	75
470	30	3	3	1	30	35	0.2	10	0.3	0.7	10	15	14	4	800	3.20E+04	4.02E+01	12	16	75
471	30	4	4	0	35	45	0.2	7.5	0.2	0.9	7.5	14	5	0	820	3.50E+04	4.32E+01	20	25	100
472	30	4	2	1	30	40	0.2	15	0.35	0.5	7.5	15	6	4	730	1.80E+04	2.45E+01	12	15	50
473	30	4	3	0	20	45	0.13	7.5	0.25	0.9	10	23	10	0	710	3.40E+04	4.74E+01	15	20	100
474	30	4	3	0	25	40	0.13	7.5	0.3	0.5	10	15	8	0	660	2.10E+04	3.22E+01	15	20	100
475	30	3	4	0	35	45	0.2	10	0.2	0.5	7.5	15	6	6	710	2.00E+04	2.78E+01	16	20	75
476	30	2	4	0	20	35	0.2	15	0.2	0.8	7.5	19	12	6	730	4.50E+04	6.16E+01	12	15	50
477	30	4	4	1	25	40	0.17	7.5	0.3	0.6	7.5	5	2	2	770	1.90E+04	2.53E+01	20	25	100
478	30	4	4	1	25	35	0.2	7.5	0.25	0.9	7.5	10	5	2	850	4.00E+04	4.70E+01	20	25	100
479	30	4	4	1	30	45	0.17	7.5	0.2	0.5	7.5	12	3	4	700	2.40E+04	3.47E+01	20	25	100
480	30	4	3	1	35	35	0.09	10	0.2	0.8	7.5	19	10	0	550	2.60E+04	4.71E+01	16	20	75
481	30	3	4	0	25	40	0.13	10	0.35	0.5	7.5	8	2	4	650	2.00E+04	3.05E+01	16	20	75
482	30	4	4	0	35	50	0.13	7.5	0.35	0.6	7.5	5	2	2	720	1.60E+04	2.25E+01	20	25	100
483	30	4	3	1	30	45	0.21	10	0.2	0.8	7.5	15	2	2	780	2.00E+04	2.60E+01	16	20	75
484	30	4	3	1	20	35	0.2	10	0.2	0.5	7.5	14	4	2	710	2.90E+04	4.04E+01	16	20	75
485	30	3	4	0	35	45	0.13	10	0.2	0.8	7.5	14	12	2	630	2.70E+04	4.21E+01	16	20	75
486	30	4	4	1	25	40	0.13	7.5	0.35	0.7	7.5	3	0	4	740	2.00E+04	2.70E+01	20	25	100
487	30	4	3	0	25	35	0.2	7.5	0.3	0.8	10	10	7	0	850	3.00E+04	3.55E+01	15	20	100
488	30	4	3	0	35	35	0.09	7.5	0.35	0.4	10	10	10	6	580	2.50E+04	4.28E+01	15	20	100
489	30	3	4	0	20	40	0.17	10	0.25	0.9	7.5	13	6	2	750	2.50E+04	3.40E+01	16	20	75
490	30	4	4	0	25	50	0.17	7.5	0.2	0.9	7.5	13	6	2	770	2.90E+04	3.75E+01	20	25	100



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ESTRUTURAS



INDIVÍDUO	NumGen	NX	NY	DL	FCKCML	FCKCPM	HL	LU	HV	BV	LLV	NA	NB	NPT	Volume Concreto (m³)	Peso de Aço (kg)	Taxa de Aço Total (Kg/m³)	QDV	QDP	QDL
491	30	4	4	1	20	45	0.2	7.5	0.25	0.7	7.5	6	3	2	810	3.40E+04	4.18E+01	20	25	100
492	30	4	3	0	25	50	0.17	7.5	0.3	0.8	10	15	4	2	800	2.70E+04	3.36E+01	15	20	100
493	30	4	3	0	30	40	0.21	7.5	0.4	0.4	10	13	0	2	830	2.00E+04	2.37E+01	15	20	100
494	30	4	3	0	35	40	0.09	7.5	0.4	0.6	10	13	0	4	650	1.60E+04	2.46E+01	15	20	100
495	30	3	4	1	30	50	0.17	7.5	0.25	0.9	10	21	10	6	790	3.60E+04	4.55E+01	15	20	100
496	30	3	4	0	25	35	0.09	10	0.25	0.5	7.5	15	4	4	530	2.20E+04	4.13E+01	16	20	75
497	30	4	4	0	30	50	0.2	7.5	0.25	0.7	7.5	8	0	6	810	2.90E+04	3.53E+01	20	25	100
498	30	3	4	1	20	45	0.26	7.5	0.35	0.8	10	10	6	6	1100	4.00E+04	3.77E+01	15	20	100
499	30	4	4	1	35	50	0.09	7.5	0.2	0.5	7.5	15	4	2	550	2.60E+04	4.80E+01	20	25	100
500	30	4	2	1	20	40	0.2	15	0.35	0.5	7.5	10	7	4	730	2.90E+04	3.90E+01	12	15	50
501	30	4	4	0	20	45	0.09	7.5	0.2	0.5	7.5	15	2	4	550	2.00E+04	3.70E+01	20	25	100
502	30	2	4	0	35	45	0.21	15	0.2	0.8	7.5	18	14	0	750	2.50E+04	3.30E+01	12	15	50
503	30	4	4	1	35	50	0.26	7.5	0.2	0.8	7.5	8	3	4	970	2.10E+04	2.12E+01	20	25	100
504	30	3	2	1	30	40	0.2	15	0.4	0.8	10	21	8	2	810	3.80E+04	4.72E+01	9	12	50
505	30	4	4	1	35	35	0.21	7.5	0.2	0.9	7.5	10	7	6	840	4.70E+04	5.51E+01	20	25	100
506	30	4	3	0	25	45	0.26	7.5	0.2	0.8	10	21	4	2	960	3.50E+04	3.58E+01	15	20	100
507	30	4	3	1	35	35	0.13	10	0.2	0.4	7.5	14	13	2	580	2.70E+04	4.67E+01	16	20	75
508	30	4	2	1	30	40	0.21	15	0.3	0.8	7.5	10	7	4	790	3.50E+04	4.46E+01	12	15	50
509	30	4	3	0	20	50	0.26	7.5	0.25	0.8	10	21	0	2	1000	3.50E+04	3.56E+01	15	20	100
510	30	3	4	0	35	45	0.2	10	0.35	0.6	7.5	5	2	0	790	1.70E+04	2.12E+01	16	20	75
511	30	3	4	1	20	35	0.17	7.5	0.2	0.8	10	19	8	6	740	3.30E+04	4.43E+01	15	20	100
512	30	4	4	0	35	45	0.17	7.5	0.25	0.9	7.5	10	3	0	800	3.30E+04	4.11E+01	20	25	100
513	30	4	4	0	20	50	0.21	7.5	0.2	0.8	7.5	10	0	6	830	4.30E+04	5.14E+01	20	25	100
514	30	3	4	0	30	50	0.17	10	0.2	0.9	7.5	15	10	2	720	2.60E+04	3.64E+01	16	20	75
515	30	4	4	0	25	45	0.13	7.5	0.3	0.5	7.5	5	0	4	670	2.50E+04	3.65E+01	20	25	100
516	30	3	3	1	30	45	0.2	10	0.35	0.8	10	18	0	6	840	3.00E+04	3.62E+01	12	16	75
517	30	3	4	1	20	40	0.26	7.5	0.2	0.6	10	17	8	4	930	2.80E+04	3.02E+01	15	20	100
518	30	4	3	0	35	45	0.09	7.5	0.4	0.4	10	7	6	4	600	1.80E+04	3.03E+01	15	20	100
519	30	3	4	0	30	45	0.26	10	0.2	0.9	7.5	19	0	0	940	2.30E+04	2.42E+01	16	20	75
520	30	4	3	0	30	35	0.13	7.5	0.25	0.4	10	14	13	6	620	3.30E+04	5.28E+01	15	20	100
521	30	3	4	0	20	45	0.2	10	0.25	0.9	7.5	14	0	2	800	2.50E+04	3.11E+01	16	20	75
522	30	4	3	0	35	50	0.09	7.5	0.25	0.9	10	19	14	0	630	3.50E+04	5.52E+01	15	20	100
523	30	4	3	0	25	50	0.2	7.5	0.3	0.8	10	15	0	0	850	4.10E+04	4.85E+01	15	20	100
524	30	3	4	1	20	45	0.26	7.5	0.3	0.7	10	10	6	4	1000	3.20E+04	3.21E+01	15	20	100
525	30	3	3	1	25	50	0.13	10	0.35	0.5	10	15	8	6	640	2.50E+04	3.83E+01	12	16	75



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ESTRUTURAS



INDIVÍDUO	NumGen	NX	NY	DL	FCKCML	FCKCPM	HL	LU	HV	BV	LLV	NA	NB	NPT	Volume Concreto (m³)	Peso de Aço (kg)	Taxa de Aço Total (Kg/m³)	QDV	QDP	QDL
526	30	4	4	1	20	45	0.21	7.5	0.25	0.6	7.5	3	2	4	820	2.90E+04	3.52E+01	20	25	100
527	30	3	3	1	25	50	0.17	10	0.4	0.4	10	13	6	0	730	2.50E+04	3.43E+01	12	16	75
528	30	4	3	0	25	35	0.26	7.5	0.2	0.4	10	14	13	2	890	4.00E+04	4.51E+01	15	20	100
529	30	4	3	0	25	50	0.21	7.5	0.25	0.8	10	13	4	0	850	2.70E+04	3.20E+01	15	20	100
530	30	4	3	1	35	45	0.13	10	0.2	0.9	7.5	14	8	4	640	3.20E+04	4.94E+01	16	20	75
531	30	3	4	0	25	35	0.2	10	0.25	0.9	7.5	7	2	6	800	3.90E+04	4.89E+01	16	20	75
532	30	4	4	0	30	50	0.21	7.5	0.2	0.9	7.5	8	5	0	840	3.80E+04	4.55E+01	20	25	100
533	30	3	4	0	25	35	0.09	10	0.2	0.9	7.5	15	6	2	560	2.60E+04	4.70E+01	16	20	75
534	30	4	2	1	20	50	0.26	15	0.2	0.8	7.5	20	4	2	900	2.70E+04	3.01E+01	12	15	50
535	30	3	3	1	20	35	0.2	10	0.35	0.8	10	6	5	2	840	4.10E+04	4.81E+01	12	16	75
536	30	4	4	1	30	50	0.26	7.5	0.2	0.9	7.5	7	6	2	990	3.20E+04	3.21E+01	20	25	100
537	30	3	4	1	35	40	0.17	7.5	0.2	0.6	10	17	8	6	710	2.70E+04	3.88E+01	15	20	100
538	30	2	4	0	25	45	0.17	15	0.35	0.8	7.5	10	0	4	740	1.90E+04	2.61E+01	12	15	50
539	30	4	4	0	35	50	0.26	7.5	0.25	0.8	7.5	3	0	0	1000	2.20E+04	2.15E+01	20	25	100
540	30	3	3	0	20	35	0.13	10	0.4	0.5	10	8	3	4	660	1.80E+04	2.76E+01	12	16	75
541	30	4	3	1	35	45	0.21	10	0.2	0.8	7.5	7	2	2	780	2.30E+04	2.98E+01	16	20	75
542	30	3	4	0	35	50	0.21	10	0.2	0.9	7.5	10	6	2	800	3.70E+04	4.60E+01	16	20	75
543	30	2	4	0	30	45	0.21	15	0.2	0.8	7.5	21	0	0	750	2.70E+04	3.64E+01	12	15	50
544	30	4	2	1	20	45	0.17	15	0.25	0.4	7.5	14	13	6	650	2.30E+04	3.54E+01	12	15	50
545	30	3	4	1	35	45	0.26	7.5	0.4	0.5	10	8	0	6	1000	2.40E+04	2.37E+01	15	20	100
546	30	3	4	0	35	50	0.13	10	0.2	0.9	7.5	12	10	2	640	2.50E+04	3.90E+01	16	20	75
547	30	2	3	0	20	50	0.26	15	0.4	0.8	10	19	8	6	980	3.30E+04	3.36E+01	9	12	50
548	30	4	3	0	35	35	0.2	7.5	0.35	0.4	10	8	0	0	780	2.30E+04	2.97E+01	15	20	100
549	30	3	3	0	35	35	0.2	10	0.25	0.9	10	15	12	0	810	3.40E+04	4.21E+01	12	16	75
550	30	3	4	1	30	50	0.09	7.5	0.2	0.8	10	21	12	6	580	3.10E+04	5.40E+01	15	20	100
551	30	3	3	0	20	45	0.21	10	0.25	0.9	10	21	6	6	840	4.30E+04	5.08E+01	12	16	75
552	30	2	4	0	35	50	0.17	15	0.25	0.8	7.5	19	0	6	700	2.30E+04	3.33E+01	12	15	50
553	30	3	4	0	20	50	0.09	10	0.2	0.7	7.5	13	6	6	540	2.50E+04	4.66E+01	16	20	75
554	30	3	2	1	20	40	0.21	15	0.3	0.8	10	18	12	2	800	3.80E+04	4.78E+01	9	12	50
555	30	4	4	0	25	45	0.13	7.5	0.2	0.9	7.5	6	2	6	690	2.40E+04	3.49E+01	20	25	100
556	30	3	3	0	25	40	0.26	10	0.35	0.4	10	13	4	6	930	2.20E+04	2.39E+01	12	16	75
557	30	4	3	0	30	45	0.2	7.5	0.25	0.8	10	8	4	6	820	2.80E+04	3.45E+01	15	20	100
558	30	3	3	0	25	40	0.2	10	0.2	0.6	10	17	14	2	740	2.70E+04	3.72E+01	12	16	75
559	30	4	2	1	35	45	0.09	15	0.4	0.8	7.5	6	6	4	600	1.60E+04	2.74E+01	12	15	50
560	30	3	4	1	20	45	0.21	7.5	0.3	0.7	10	7	0	2	860	2.00E+04	2.30E+01	15	20	100



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
 ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
 DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ESTRUTURAS



INDIVÍDUO	NumGen	NX	NY	DL	FCKCML	FCKCPM	HL	LU	HV	BV	LLV	NA	NB	NPT	Volume Concreto (m³)	Peso de Aço (kg)	Taxa de Aço Total (Kg/m³)	QDV	QDP	QDL
561	30	3	3	0	35	45	0.21	10	0.25	0.7	10	17	4	4	800	2.50E+04	3.09E+01	12	16	75
562	30	4	3	1	30	40	0.17	10	0.2	0.9	7.5	6	6	4	720	1.90E+04	2.67E+01	16	20	75
563	30	3	3	1	25	50	0.17	10	0.25	0.9	10	23	4	4	760	3.20E+04	4.19E+01	12	16	75
564	30	3	3	1	20	45	0.26	10	0.2	0.8	10	20	6	6	940	3.10E+04	3.34E+01	12	16	75
565	30	2	4	0	35	45	0.21	15	0.25	0.8	7.5	10	3	2	770	1.70E+04	2.21E+01	12	15	50
566	30	2	4	0	25	35	0.13	15	0.2	0.7	7.5	17	12	0	600	2.60E+04	4.32E+01	12	15	50
567	30	4	3	0	25	45	0.17	7.5	0.2	0.5	10	14	10	2	690	2.80E+04	4.09E+01	15	20	100
568	30	3	3	1	20	35	0.21	10	0.4	0.6	10	3	0	0	850	2.50E+04	3.01E+01	12	16	75
569	30	4	3	0	35	45	0.2	7.5	0.25	0.5	10	13	0	2	760	2.60E+04	3.48E+01	15	20	100
570	30	3	3	1	20	40	0.2	10	0.2	0.8	10	16	8	0	770	3.80E+04	5.01E+01	12	16	75
571	30	4	3	0	25	35	0.21	7.5	0.25	0.5	10	6	6	6	790	2.90E+04	3.63E+01	15	20	100
572	30	4	3	0	20	45	0.13	7.5	0.25	0.8	10	10	0	6	700	2.60E+04	3.75E+01	15	20	100
573	30	3	4	1	25	45	0.09	7.5	0.2	0.9	10	17	14	0	590	3.10E+04	5.19E+01	15	20	100
574	30	3	4	1	25	50	0.21	7.5	0.2	0.9	10	19	0	2	840	3.20E+04	3.83E+01	15	20	100
575	30	4	3	0	20	50	0.09	7.5	0.25	0.9	10	14	3	0	630	2.70E+04	4.36E+01	15	20	100
576	30	2	4	0	25	35	0.13	15	0.3	0.5	7.5	8	3	0	610	2.00E+04	3.35E+01	12	15	50
577	30	2	4	1	35	50	0.21	7.5	0.4	0.8	15	21	10	6	960	5.10E+04	5.38E+01	10	15	100
578	30	3	3	0	20	40	0.21	10	0.25	0.6	10	12	5	2	790	3.50E+04	4.48E+01	12	16	75
579	30	3	4	1	35	50	0.21	7.5	0.3	0.6	10	6	2	2	830	2.80E+04	3.38E+01	15	20	100
580	30	2	4	0	30	45	0.26	15	0.4	0.4	7.5	5	2	2	900	1.60E+04	1.76E+01	12	15	50
581	30	2	4	1	35	45	0.26	7.5	0.4	0.7	15	17	14	2	1100	3.50E+04	3.28E+01	10	15	100
582	30	3	3	0	30	40	0.17	10	0.2	0.7	10	19	6	0	710	2.60E+04	3.64E+01	12	16	75
583	30	3	3	0	35	35	0.21	10	0.25	0.4	10	13	8	6	750	3.20E+04	4.20E+01	12	16	75
584	30	3	2	1	25	40	0.09	15	0.35	0.7	10	19	2	2	560	1.70E+04	3.11E+01	9	12	50
585	30	3	4	0	30	45	0.09	10	0.2	0.8	7.5	3	2	4	550	1.50E+04	2.67E+01	16	20	75
586	30	4	3	0	20	50	0.09	7.5	0.2	0.7	10	14	6	2	560	2.30E+04	4.04E+01	15	20	100
587	30	3	4	0	20	40	0.26	10	0.2	0.4	7.5	5	0	0	860	1.80E+04	2.09E+01	16	20	75
588	30	3	3	0	25	50	0.21	10	0.2	0.5	10	15	14	2	750	2.50E+04	3.32E+01	12	16	75
589	30	4	2	0	25	50	0.17	7.5	0.35	0.8	15	19	10	2	850	2.90E+04	3.42E+01	10	15	100
590	30	4	3	0	25	40	0.21	7.5	0.2	0.6	10	5	4	0	780	3.20E+04	4.11E+01	15	20	100
591	30	3	3	0	30	50	0.2	10	0.25	0.9	10	8	8	2	810	2.20E+04	2.74E+01	12	16	75
592	30	3	3	1	20	50	0.17	10	0.2	0.8	10	10	10	2	720	2.70E+04	3.77E+01	12	16	75
593	30	2	3	0	20	35	0.21	15	0.25	0.8	10	10	8	0	760	3.30E+04	4.36E+01	9	12	50
594	30	2	3	0	20	45	0.17	15	0.3	0.6	10	15	6	0	680	2.20E+04	3.20E+01	9	12	50
595	30	2	3	1	35	50	0.2	10	0.4	0.8	15	17	14	4	880	4.60E+04	5.25E+01	8	12	75



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ESTRUTURAS



INDIVÍDUO	NumGen	NX	NY	DL	FCKCML	FCKCPM	HL	LU	HV	BV	LLV	NA	NB	NPT	Volume Concreto (m³)	Peso de Aço (kg)	Taxa de Aço Total (Kg/m³)	QDV	QDP	QDL
596	30	4	1	1	35	35	0.21	30	0.4	0.8	7.5	17	0	0	770	2.60E+04	3.41E+01	8	10	25
597	30	4	2	1	30	35	0.09	15	0.2	0.5	7.5	15	8	4	480	1.70E+04	3.48E+01	12	15	50
598	30	3	4	1	25	50	0.09	7.5	0.2	0.5	10	14	5	2	540	2.30E+04	4.20E+01	15	20	100
599	30	3	4	1	25	45	0.13	7.5	0.2	0.4	10	10	7	4	600	2.70E+04	4.54E+01	15	20	100
600	30	4	2	0	30	50	0.21	7.5	0.4	0.5	15	15	6	0	870	3.00E+04	3.43E+01	10	15	100
601	30	3	2	1	30	50	0.2	15	0.3	0.6	10	10	10	4	730	2.60E+04	3.58E+01	9	12	50
602	30	3	3	0	25	50	0.21	10	0.25	0.6	10	5	4	0	790	2.20E+04	2.82E+01	12	16	75
603	30	2	3	0	35	50	0.17	15	0.25	0.8	10	21	0	2	690	2.80E+04	4.10E+01	9	12	50
604	30	4	2	0	25	40	0.17	7.5	0.35	0.4	15	13	10	4	740	2.80E+04	3.79E+01	10	15	100
605	30	3	2	1	30	35	0.2	15	0.2	0.8	10	17	4	0	720	3.90E+04	5.36E+01	9	12	50
606	30	3	3	0	20	40	0.2	10	0.2	0.4	10	13	0	6	710	2.30E+04	3.22E+01	12	16	75
607	30	1	4	0	30	50	0.2	30	0.3	0.8	7.5	21	6	0	720	1.90E+04	2.63E+01	8	10	25
608	30	3	2	1	20	45	0.09	15	0.25	0.8	10	14	5	4	540	1.80E+04	3.32E+01	9	12	50
609	30	3	3	0	35	35	0.13	10	0.2	0.4	10	13	8	6	570	2.60E+04	4.55E+01	12	16	75
610	30	3	3	0	35	40	0.2	10	0.2	0.5	10	6	3	4	720	2.20E+04	3.11E+01	12	16	75
611	30	4	2	0	35	50	0.17	7.5	0.4	0.5	15	8	4	6	790	2.10E+04	2.60E+01	10	15	100
612	30	3	2	1	20	50	0.26	15	0.25	0.9	10	14	6	6	940	2.20E+04	2.34E+01	9	12	50
613	30	3	3	1	35	40	0.17	10	0.2	0.5	10	8	0	6	660	1.70E+04	2.61E+01	12	16	75
614	30	3	3	1	35	50	0.17	10	0.2	0.4	10	13	6	2	640	1.70E+04	2.63E+01	12	16	75
615	30	2	4	1	35	40	0.17	7.5	0.25	0.9	15	16	10	2	800	2.90E+04	3.57E+01	10	15	100
616	30	2	4	1	20	50	0.26	7.5	0.25	0.9	15	23	8	0	1000	3.40E+04	3.26E+01	10	15	100
617	30	4	1	1	25	45	0.2	30	0.25	0.8	7.5	19	0	6	700	1.80E+04	2.54E+01	8	10	25
618	30	3	2	0	20	50	0.17	10	0.3	0.7	15	18	14	6	740	2.50E+04	3.45E+01	8	12	75
619	30	3	3	0	30	50	0.26	10	0.2	0.4	10	13	0	6	880	2.30E+04	2.60E+01	12	16	75
620	30	3	1	1	25	35	0.26	30	0.4	0.8	10	13	4	6	900	3.10E+04	3.49E+01	6	8	25
621	30	2	2	0	25	40	0.21	15	0.4	0.8	15	6	6	0	830	3.30E+04	3.95E+01	6	9	50
622	30	2	3	1	20	35	0.2	10	0.25	0.8	15	17	2	6	800	3.40E+04	4.27E+01	8	12	75
623	30	3	2	1	30	35	0.09	15	0.25	0.4	10	10	10	0	500	2.00E+04	3.96E+01	9	12	50
624	30	1	4	0	35	40	0.17	30	0.25	0.8	7.5	10	6	6	660	1.30E+04	1.98E+01	8	10	25
625	30	1	3	0	25	40	0.17	30	0.4	0.7	10	10	8	0	680	1.60E+04	2.43E+01	6	8	25
626	30	4	2	0	25	40	0.26	7.5	0.3	0.4	15	10	8	6	940	3.20E+04	3.46E+01	10	15	100
627	30	2	3	0	20	40	0.13	15	0.2	0.7	10	6	2	6	590	1.60E+04	2.74E+01	9	12	50
628	30	2	2	0	25	40	0.2	15	0.3	0.8	15	21	12	2	760	2.60E+04	3.42E+01	6	9	50
629	30	4	1	1	35	45	0.26	30	0.2	0.8	7.5	12	7	4	860	1.60E+04	1.86E+01	8	10	25
630	30	1	4	0	35	40	0.2	30	0.2	0.8	7.5	4	3	4	690	2.60E+04	3.77E+01	8	10	25



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ESTRUTURAS



INDIVÍDUO	NumGen	NX	NY	DL	FCKCML	FCKCPM	HL	LU	HV	BV	LLV	NA	NB	NPT	Volume Concreto (m³)	Peso de Aço (kg)	Taxa de Aço Total (Kg/m³)	QDV	QDP	QDL
631	30	1	4	0	20	40	0.17	30	0.2	0.8	7.5	5	4	0	650	1.10E+04	1.69E+01	8	10	25
632	30	1	3	0	35	35	0.21	30	0.3	0.8	10	12	6	6	730	3.60E+04	4.89E+01	6	8	25
633	30	4	1	1	25	45	0.13	30	0.25	0.7	7.5	14	4	0	580	1.70E+04	3.00E+01	8	10	25
634	30	2	2	0	25	35	0.09	15	0.3	0.8	15	14	2	2	560	1.90E+04	3.36E+01	6	9	50
635	30	2	3	1	35	50	0.2	10	0.3	0.5	15	15	0	0	750	3.70E+04	5.01E+01	8	12	75
636	30	2	3	1	20	50	0.2	10	0.25	0.7	15	8	4	6	760	2.40E+04	3.17E+01	8	12	75
637	30	1	3	0	20	35	0.17	30	0.35	0.4	10	13	12	4	630	2.50E+04	4.01E+01	6	8	25
638	30	4	1	1	35	40	0.13	30	0.2	0.7	7.5	19	0	2	570	1.90E+04	3.32E+01	8	10	25
639	30	2	2	0	20	45	0.17	15	0.3	0.7	15	14	3	4	700	1.80E+04	2.58E+01	6	9	50
640	30	2	2	0	20	35	0.09	15	0.25	0.8	15	21	0	6	540	2.30E+04	4.22E+01	6	9	50
641	30	2	3	1	30	45	0.21	10	0.2	0.8	15	6	3	4	800	2.80E+04	3.44E+01	8	12	75
642	30	1	3	0	35	45	0.13	30	0.35	0.4	10	13	12	0	560	2.10E+04	3.68E+01	6	8	25
643	30	2	4	1	30	45	0.13	7.5	0.2	0.4	15	13	12	4	610	2.80E+04	4.56E+01	10	15	100
644	30	3	2	0	30	45	0.26	10	0.2	0.8	15	4	3	2	950	2.70E+04	2.84E+01	8	12	75
645	30	3	1	1	30	50	0.13	30	0.35	0.5	10	7	4	4	570	2.10E+04	3.67E+01	6	8	25
646	30	3	1	1	20	50	0.21	30	0.25	0.6	10	17	6	6	700	2.00E+04	2.83E+01	6	8	25
647	30	3	2	0	25	45	0.21	10	0.2	0.5	15	6	3	6	740	2.30E+04	3.16E+01	8	12	75
648	30	1	3	0	20	35	0.26	30	0.2	0.5	10	15	14	0	830	2.00E+04	2.43E+01	6	8	25
649	30	1	2	0	30	40	0.09	30	0.4	0.8	15	10	8	6	530	1.40E+04	2.66E+01	4	6	25
650	30	2	2	0	30	50	0.13	15	0.3	0.4	15	13	12	2	590	1.80E+04	3.13E+01	6	9	50
651	30	1	2	0	30	35	0.2	30	0.35	0.8	15	8	7	6	710	2.90E+04	4.11E+01	4	6	25
652	30	2	2	1	20	45	0.13	15	0.2	0.9	15	14	3	0	610	2.40E+04	3.98E+01	6	9	50
653	30	1	2	0	30	45	0.17	30	0.4	0.6	15	16	10	6	650	2.10E+04	3.19E+01	4	6	25
654	30	1	3	0	20	50	0.13	30	0.25	0.5	10	8	5	4	560	1.40E+04	2.59E+01	6	8	25
655	30	3	1	1	35	40	0.13	30	0.2	0.6	10	14	6	4	550	1.80E+04	3.31E+01	6	8	25
656	30	3	1	1	20	50	0.21	30	0.2	0.6	10	7	0	4	690	1.40E+04	2.07E+01	6	8	25
657	30	2	2	1	20	50	0.21	15	0.2	0.6	15	10	8	6	730	1.90E+04	2.57E+01	6	9	50
658	30	2	2	1	35	45	0.2	15	0.2	0.5	15	15	10	4	690	2.00E+04	2.91E+01	6	9	50
659	30	2	2	0	35	45	0.2	15	0.25	0.4	15	3	2	4	690	2.50E+04	3.68E+01	6	9	50
660	30	1	2	0	25	35	0.21	30	0.25	0.9	15	14	4	6	720	2.50E+04	3.41E+01	4	6	25
661	30	1	4	1	20	40	0.2	7.5	0.35	0.8	30	18	2	6	900	3.80E+04	4.22E+01	5	10	100
662	30	1	3	1	35	40	0.17	10	0.4	0.8	30	15	10	4	810	3.00E+04	3.74E+01	4	8	75
663	30	1	4	1	20	35	0.17	7.5	0.3	0.8	30	20	10	4	820	3.20E+04	3.98E+01	5	10	100
664	30	1	3	1	30	35	0.13	10	0.35	0.8	30	10	3	6	710	2.60E+04	3.71E+01	4	8	75
665	30	1	4	1	20	40	0.26	7.5	0.4	0.5	30	6	3	0	1000	2.80E+04	2.81E+01	5	10	100



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ESTRUTURAS



INDIVÍDUO	NumGen	NX	NY	DL	FCKCML	FCKCPM	HL	LU	HV	BV	LLV	NA	NB	NPT	Volume Concreto (m³)	Peso de Aço (kg)	Taxa de Aço Total (Kg/m³)	QDV	QDP	QDL
666	30	1	3	1	25	35	0.21	10	0.4	0.5	30	10	8	4	810	2.80E+04	3.48E+01	4	8	75
667	30	1	4	1	20	50	0.21	7.5	0.3	0.8	30	14	14	0	890	3.50E+04	3.94E+01	5	10	100
668	30	4	1	0	20	50	0.21	7.5	0.4	0.4	30	10	6	4	840	2.60E+04	3.10E+01	5	10	100
669	30	4	1	0	35	45	0.17	7.5	0.35	0.5	30	10	6	6	770	3.30E+04	4.25E+01	5	10	100
670	30	4	1	0	30	45	0.21	7.5	0.25	0.8	30	12	10	6	860	3.40E+04	3.98E+01	5	10	100
671	30	1	2	0	20	45	0.13	30	0.25	0.5	15	14	8	6	550	2.10E+04	3.84E+01	4	6	25
672	30	2	1	0	25	50	0.2	15	0.4	0.8	30	15	6	6	790	3.90E+04	5.02E+01	3	6	50
673	30	1	2	0	30	45	0.13	30	0.2	0.8	15	15	14	0	560	2.10E+04	3.77E+01	4	6	25
674	30	1	2	0	30	45	0.13	30	0.2	0.8	15	17	0	6	560	2.00E+04	3.53E+01	4	6	25
675	30	1	3	1	25	50	0.17	10	0.35	0.5	30	15	14	2	720	3.30E+04	4.54E+01	4	8	75
676	30	1	2	1	30	45	0.09	15	0.35	0.7	30	18	4	6	550	2.00E+04	3.72E+01	3	6	50
677	30	1	4	1	25	35	0.13	7.5	0.2	0.9	30	14	4	0	690	3.10E+04	4.51E+01	5	10	100
678	30	2	1	0	35	45	0.17	15	0.35	0.8	30	17	10	0	720	2.20E+04	3.01E+01	3	6	50
679	30	1	2	1	20	45	0.09	15	0.35	0.6	30	17	2	6	540	2.10E+04	3.84E+01	3	6	50
680	30	4	1	0	35	40	0.17	7.5	0.25	0.5	30	15	0	4	720	2.40E+04	3.32E+01	5	10	100
681	30	1	2	1	35	45	0.2	15	0.35	0.7	30	19	2	2	750	2.10E+04	2.86E+01	3	6	50
682	30	1	2	1	25	45	0.17	15	0.35	0.6	30	13	8	0	690	1.90E+04	2.69E+01	3	6	50
683	30	1	3	1	25	40	0.21	10	0.2	0.8	30	19	6	0	780	3.80E+04	4.88E+01	4	8	75
684	30	1	2	1	20	45	0.21	15	0.25	0.9	30	17	10	0	770	3.20E+04	4.10E+01	3	6	50
685	30	1	2	1	30	45	0.2	15	0.25	0.8	30	15	10	0	730	2.10E+04	2.83E+01	3	6	50
686	30	3	1	0	35	50	0.2	10	0.2	0.8	30	6	5	6	750	2.90E+04	3.86E+01	4	8	75
687	30	3	1	0	25	40	0.21	10	0.2	0.6	30	3	0	4	750	2.90E+04	3.93E+01	4	8	75
688	30	2	1	0	30	50	0.13	15	0.3	0.6	30	14	8	4	600	2.10E+04	3.47E+01	3	6	50
689	30	1	2	1	35	50	0.17	15	0.3	0.6	30	7	4	6	670	1.60E+04	2.44E+01	3	6	50
690	30	1	1	0	25	35	0.2	30	0.35	0.7	30	10	6	2	690	2.70E+04	3.93E+01	2	4	25
691	30	3	1	0	35	50	0.17	10	0.2	0.6	30	5	0	4	680	1.70E+04	2.55E+01	4	8	75
692	30	1	1	0	20	40	0.2	30	0.3	0.8	30	20	10	0	690	1.60E+04	2.36E+01	2	4	25
693	30	1	1	0	35	45	0.13	30	0.35	0.7	30	12	6	6	580	1.10E+04	1.94E+01	2	4	25
694	30	1	1	0	25	40	0.17	30	0.3	0.7	30	14	10	4	630	1.80E+04	2.91E+01	2	4	25
695	30	1	1	1	25	35	0.2	30	0.35	0.4	30	13	4	2	650	2.00E+04	3.05E+01	2	4	25
696	30	1	1	0	20	50	0.26	30	0.4	0.5	30	6	4	6	840	1.80E+04	2.15E+01	2	4	25
697	30	1	1	0	35	35	0.17	30	0.25	0.6	30	17	6	6	610	2.10E+04	3.37E+01	2	4	25
698	30	1	1	0	20	45	0.17	30	0.2	0.8	30	20	12	6	620	2.40E+04	3.88E+01	2	4	25
699	30	1	1	1	25	35	0.21	30	0.25	0.4	30	13	6	4	660	2.10E+04	3.10E+01	2	4	25
700	30	1	1	0	25	40	0.21	30	0.25	0.4	30	13	10	4	660	1.70E+04	2.59E+01	2	4	25



APÊNDICE B

TABELA DA CONFIGURAÇÃO ESTRUTURAL RESULTANTE DO
PROCESSAMENTO DO WAL MART – BONOCÔ, COM A FUNÇÃO
EMIÇÃO DE CO₂.



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ESTRUTURAS



INDIVÍDUO	NX	NY	DL	FCK CML	FCK CPM	HL	LLJ	HV	BV	LLV	NA	NB	NPT	Volume Concreto (m³)	Peso de Aço (kg)	EMIÇÃO DE CO ₂		QDV	QDP	QDL
																Total	Emissão/m³			
1	6	6	1	20	35	0.17	8	0.3	0.8	7.75	16	4	0	1400	5.90E+04	513048	393.12	42	49	230
2	6	6	1	20	35	0.17	8	0.3	0.8	7.75	13	8	2	1400	6.10E+04	514592	394.578	42	49	230
3	6	6	1	20	35	0.17	8	0.3	0.8	7.75	10	10	4	1400	6.10E+04	514933	394.9	42	49	230
4	6	6	1	35	50	0.21	8	0.25	0.8	7.75	15	10	4	1500	6.20E+04	690539	491.791	42	49	230
5	6	6	1	30	45	0.26	8	0.3	0.8	7.75	15	12	2	1800	6.10E+04	765780	440.888	42	49	230
6	6	6	0	30	50	0.17	7.75	0.3	0.8	8	18	6	0	1400	6.20E+04	649816	495.478	42	49	240
7	6	6	0	25	45	0.17	7.75	0.25	0.8	8	17	10	0	1400	6.10E+04	569470	456.824	42	49	240
8	6	6	1	35	35	0.2	8	0.4	0.8	7.75	17	2	2	1600	6.10E+04	609703	386.941	42	49	230
9	6	6	1	20	50	0.2	8	0.3	0.5	7.75	15	4	6	1400	5.20E+04	605018	488.034	42	49	230
10	6	6	1	35	45	0.21	8	0.4	0.8	7.75	19	6	2	1700	5.70E+04	702482	443.196	42	49	230
11	6	6	1	25	45	0.21	8	0.35	0.6	7.75	17	4	4	1500	5.40E+04	623902	445.174	42	49	230
12	6	6	1	25	50	0.26	8	0.35	0.8	7.75	16	8	0	1900	5.60E+04	827916	476.775	42	49	230
13	6	6	1	30	40	0.2	8	0.4	0.7	7.75	15	10	4	1600	5.40E+04	604939	403.845	42	49	230
14	6	5	1	30	35	0.2	9.6	0.35	0.8	7.75	16	10	0	1500	6.90E+04	565880	397.08	36	42	190
15	6	6	1	25	50	0.26	8	0.4	0.8	7.75	16	12	0	1900	5.90E+04	853294	477.472	42	49	230
16	6	6	0	35	40	0.17	7.75	0.4	0.7	8	15	10	2	1500	4.90E+04	582380	403.126	42	49	240
17	5	6	1	35	50	0.21	8	0.35	0.8	9.3	21	4	6	1600	5.90E+04	729151	486.046	35	42	230
18	6	6	1	20	40	0.26	8	0.35	0.4	7.75	12	5	6	1700	4.90E+04	631284	396.267	42	49	230
19	6	6	0	30	50	0.21	7.75	0.35	0.5	8	15	8	0	1500	4.30E+04	662358	478.049	42	49	240
20	6	6	1	35	40	0.21	8	0.25	0.6	7.75	17	2	6	1500	4.70E+04	562811	403.305	42	49	230
21	6	6	1	35	50	0.26	8	0.35	0.8	7.75	15	10	2	1900	4.70E+04	843109	472.135	42	49	230
22	6	6	0	35	40	0.21	7.75	0.3	0.6	8	13	12	0	1500	4.50E+04	580031	399.959	42	49	240
23	6	6	0	25	40	0.2	7.75	0.25	0.6	8	17	6	2	1400	4.40E+04	523439	402.269	42	49	240
24	6	6	0	20	35	0.21	7.75	0.25	0.8	8	19	8	2	1500	5.90E+04	547237	389.021	42	49	240
25	6	6	0	20	40	0.21	7.75	0.4	0.5	8	15	8	6	1500	4.40E+04	564407	398.008	42	49	240
26	6	6	1	20	40	0.2	8	0.4	0.7	7.75	19	10	6	1600	5.60E+04	584664	405.242	42	49	230
27	6	5	0	20	35	0.26	7.75	0.35	0.7	9.6	13	12	4	1900	6.40E+04	662176	382.049	35	42	240
28	6	6	0	30	35	0.17	7.75	0.25	0.7	8	19	6	0	1400	6.10E+04	512651	398.606	42	49	240
29	6	6	1	25	50	0.26	8	0.2	0.7	7.75	18	8	6	1700	5.40E+04	746022	479.998	42	49	230
30	6	6	0	30	35	0.21	7.75	0.35	0.7	8	19	8	0	1600	6.00E+04	591861	387.443	42	49	240
31	6	6	1	20	35	0.17	8	0.2	0.8	7.75	20	6	6	1300	6.10E+04	479820	400.239	42	49	230
32	6	6	0	30	50	0.26	7.75	0.2	0.6	8	17	10	0	1700	6.10E+04	757318	484.935	42	49	240
33	6	6	1	35	40	0.21	8	0.25	0.6	7.75	17	8	4	1500	5.10E+04	565450	405.724	42	49	230
34	6	6	0	20	40	0.17	7.75	0.35	0.5	8	15	10	2	1400	5.20E+04	508458	409.964	42	49	240
35	6	6	0	30	40	0.2	7.75	0.2	0.8	8	19	14	4	1400	5.60E+04	552763	411.257	42	49	240



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ESTRUTURAS



INDIVÍDUO	NX	NY	DL	FCKCML	FCKCP M	HL	LLJ	HV	BV	LLV	NA	NB	NPT	Volume Concreto (m³)	Peso de Aço (kg)	EMISSÃO DE CO ₂		QDV	QDP	QDL
																Total	Emissão/m³			
36	5	6	0	30	50	0.26	9.3	0.35	0.5	8	15	12	0	1700	4.80E+04	758479	475.733	36	42	200
37	6	5	1	20	40	0.2	9.6	0.2	0.8	7.75	21	12	0	1400	6.50E+04	515586	420.737	36	42	190
38	6	6	0	35	35	0.21	7.75	0.25	0.5	8	15	6	0	1400	4.90E+04	533815	385.422	42	49	240
39	6	6	0	35	40	0.26	7.75	0.3	0.7	8	17	12	6	1800	5.70E+04	701748	399.384	42	49	240
40	6	6	0	35	35	0.17	7.75	0.3	0.8	8	21	10	4	1400	6.90E+04	555698	400.679	42	49	240
41	5	6	0	30	35	0.26	9.3	0.2	0.8	8	17	14	4	1700	5.80E+04	624804	382.78	36	42	200
42	5	5	1	35	35	0.26	9.6	0.4	0.8	9.3	18	12	6	1900	6.60E+04	703901	381.644	30	36	190
43	5	6	1	20	45	0.21	8	0.3	0.6	9.3	17	8	0	1500	5.10E+04	592995	444.653	35	42	230
44	6	6	1	20	45	0.2	8	0.35	0.6	7.75	17	14	4	1500	6.30E+04	603687	453.432	42	49	230
45	6	6	1	20	40	0.26	8	0.3	0.5	7.75	15	10	0	1700	4.30E+04	628848	392.974	42	49	230
46	6	6	1	30	40	0.2	8	0.4	0.5	7.75	15	12	6	1500	5.70E+04	574092	409.286	42	49	230
47	6	6	0	35	35	0.17	7.75	0.2	0.8	8	21	12	2	1300	6.90E+04	519091	406.476	42	49	240
48	6	6	1	25	35	0.2	8	0.2	0.8	7.75	21	12	6	1400	6.60E+04	521817	399.549	42	49	230
49	6	6	1	25	35	0.26	8	0.35	0.6	7.75	14	14	4	1800	6.30E+04	652782	382.937	42	49	230
50	6	6	1	25	45	0.26	8	0.2	0.7	7.75	19	14	4	1700	6.30E+04	699948	445.633	42	49	230
51	6	6	1	25	40	0.21	8	0.25	0.7	7.75	19	14	4	1500	5.90E+04	561951	410.473	42	49	230
52	5	6	0	20	35	0.26	9.3	0.35	0.7	8	19	12	0	1800	6.00E+04	637889	381.191	36	42	200
53	5	6	0	25	35	0.2	9.3	0.25	0.6	8	17	10	4	1400	6.80E+04	504156	403.189	36	42	200
54	6	6	0	35	35	0.26	7.75	0.4	0.8	8	21	14	4	2000	6.70E+04	730827	381.157	42	49	240
55	5	6	1	25	45	0.26	8	0.2	0.7	9.3	19	14	6	1700	6.20E+04	694443	444.951	35	42	230
56	5	6	1	35	35	0.13	8	0.4	0.8	9.3	21	0	2	1400	5.50E+04	523904	392.358	35	42	230
57	5	6	0	25	35	0.21	9.3	0.25	0.6	8	16	14	4	1400	6.00E+04	514640	394.025	36	42	200
58	6	6	0	30	40	0.21	7.75	0.3	0.4	8	13	12	6	1400	4.50E+04	544684	402.197	42	49	240
59	6	6	0	35	35	0.17	7.75	0.25	0.6	8	17	14	2	1300	6.20E+04	509690	400.873	42	49	240
60	6	6	0	25	35	0.21	7.75	0.25	0.7	8	19	12	4	1500	6.90E+04	552000	398.01	42	49	240
61	6	6	1	20	35	0.26	8	0.35	0.6	7.75	17	12	4	1800	6.00E+04	642710	380.963	42	49	230
62	6	5	1	25	50	0.2	9.6	0.2	0.6	7.75	17	12	2	1300	7.60E+04	591881	512.928	36	42	190
63	5	6	0	30	35	0.2	9.3	0.2	0.8	8	21	14	2	1400	7.60E+04	529430	409.319	36	42	200
64	5	6	1	20	35	0.21	8	0.4	0.6	9.3	17	4	4	1600	4.80E+04	552427	380.013	35	42	230
65	6	6	0	25	35	0.26	7.75	0.3	0.5	8	15	10	4	1700	5.10E+04	618003	377.192	42	49	240
66	6	6	1	30	35	0.26	8	0.2	0.7	7.75	19	10	2	1700	5.40E+04	626961	380.272	42	49	230
67	6	6	1	25	35	0.21	8	0.3	0.4	7.75	13	12	6	1400	5.70E+04	516252	391.727	42	49	230
68	6	6	0	30	35	0.26	7.75	0.4	0.5	8	15	14	0	1800	5.60E+04	663148	378.534	42	49	240
69	6	5	1	30	35	0.21	9.6	0.4	0.8	7.75	17	8	0	1600	7.70E+04	604740	398.307	36	42	190
70	5	6	1	25	35	0.26	8	0.3	0.7	9.3	14	12	6	1800	6.00E+04	645023	381.025	35	42	230



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ESTRUTURAS



INDIVÍDUO	NX	NY	DL	FCKCML	FCKCP M	HL	LLJ	HV	BV	LLV	NA	NB	NPT	Volume Concreto (m³)	Peso de Aço (kg)	EMISSÃO DE CO ₂		QDV	QDP	QDL
																Total	Emissão/m³			
71	6	6	1	35	50	0.2	8	0.2	0.6	7.75	15	12	2	1400	7.30E+04	6.31E+05	508.206	42	49	230
72	6	6	1	30	50	0.2	8	0.4	0.7	7.75	16	4	6	1600	7.40E+04	718463	497.829	42	49	230
73	6	6	0	25	45	0.2	7.75	0.25	0.6	8	17	8	4	1400	7.50E+04	590627	466.319	42	49	240
74	5	6	0	25	35	0.21	9.3	0.3	0.5	8	15	8	4	1400	7.40E+04	527451	404.493	36	42	200
75	6	6	1	20	50	0.2	8	0.4	0.8	7.75	21	10	0	1600	7.90E+04	719821	498.758	42	49	230
76	6	6	1	30	45	0.26	8	0.35	0.5	7.75	15	4	2	1800	6.60E+04	738775	445.759	42	49	230
77	6	6	1	20	35	0.21	8	0.2	0.5	7.75	15	10	4	1400	7.20E+04	508108	405.117	42	49	230
78	6	6	1	30	45	0.21	8	0.35	0.8	7.75	19	12	6	1600	8.00E+04	693385	459.912	42	49	230
79	6	6	0	20	35	0.2	7.75	0.25	0.7	8	18	14	4	1400	7.90E+04	535208	407.866	42	49	240
80	6	6	0	35	50	0.17	7.75	0.35	0.5	8	10	8	0	1400	4.50E+04	612212	484.114	42	49	240
81	6	6	0	35	35	0.13	7.75	0.25	0.8	8	21	14	2	1300	6.50E+04	486271	409.282	42	49	240
82	6	6	1	20	50	0.17	8	0.4	0.4	7.75	14	13	0	1400	5.30E+04	583061	491.079	42	49	230
83	5	6	0	35	35	0.2	9.3	0.4	0.7	8	17	10	0	1500	5.20E+04	564571	383.799	36	42	200
84	6	5	0	30	35	0.21	7.75	0.4	0.5	9.6	13	8	2	1500	4.60E+04	560310	379.592	35	42	240
85	6	5	1	20	50	0.17	9.6	0.4	0.5	7.75	15	10	0	1300	5.40E+04	576307	492.287	36	42	190
86	6	6	0	20	45	0.26	7.75	0.2	0.5	8	15	12	4	1700	7.20E+04	680045	452.855	42	49	240
87	6	6	1	20	50	0.17	8	0.3	0.7	7.75	19	14	0	1400	5.80E+04	603235	493.773	42	49	230
88	6	6	1	35	50	0.26	8	0.35	0.8	7.75	16	12	4	1900	8.00E+04	869713	489.651	42	49	230
89	6	6	0	20	50	0.26	7.75	0.2	0.6	8	17	14	2	1700	7.60E+04	747659	494.07	42	49	240
90	6	6	1	20	35	0.17	8	0.35	0.8	7.75	15	10	0	1500	5.10E+04	524563	385.461	42	49	230
91	6	6	0	35	35	0.17	7.75	0.3	0.7	8	19	12	4	1400	5.50E+04	531731	391.535	42	49	240
92	6	5	1	20	45	0.21	9.6	0.3	0.7	7.75	19	14	0	1500	5.40E+04	589605	447.032	36	42	190
93	5	6	0	30	35	0.17	9.3	0.35	0.8	8	13	12	0	1400	5.10E+04	526049	387.223	36	42	200
94	6	5	0	25	35	0.2	7.75	0.3	0.6	9.6	17	12	0	1400	8.10E+04	543919	408.973	35	42	240
95	6	6	1	35	40	0.17	8	0.25	0.6	7.75	15	14	2	1300	4.20E+04	509527	404.318	42	49	230
96	5	6	1	30	50	0.17	8	0.35	0.8	9.3	16	14	4	1500	4.70E+04	649767	482.121	35	42	230
97	6	5	0	30	50	0.17	7.75	0.35	0.5	9.6	15	14	0	1400	4.10E+04	597587	481.691	35	42	240
98	6	6	1	20	35	0.21	8	0.3	0.5	7.75	15	14	4	1500	8.20E+04	542065	408.704	42	49	230
99	6	6	1	25	35	0.21	8	0.35	0.6	7.75	17	14	0	1500	8.40E+04	577762	405.877	42	49	230
100	6	6	1	30	35	0.21	8	0.3	0.6	7.75	17	14	2	1500	8.40E+04	577943	408.208	42	49	230
101	6	6	0	20	40	0.21	7.75	0.25	0.8	8	19	12	0	1500	7.80E+04	585989	422.482	42	49	240
102	6	6	0	35	45	0.21	7.75	0.3	0.5	8	15	14	4	1500	7.60E+04	635227	463.633	42	49	240
103	6	6	1	20	35	0.17	8	0.35	0.7	7.75	10	6	0	1400	4.30E+04	504258	380.459	42	49	230
104	6	5	1	30	35	0.21	9.6	0.35	0.5	7.75	15	14	0	1400	4.70E+04	527469	382.519	36	42	190
105	6	5	0	25	40	0.13	7.75	0.4	0.8	9.6	14	7	0	1400	4.80E+04	522007	406.407	35	42	240



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ESTRUTURAS



INDIVÍDUO	NX	NY	DL	FCKCML	FCKCP M	HL	LJ	HV	BV	LLV	NA	NB	NPT	Volume Concreto (m³)	Peso de Aço (kg)	EMISSÃO DE CO ₂		QDV	QDP	QDL
																Total	Emissão/m³			
106	6	5	1	30	40	0.13	9.6	0.3	0.7	7.75	15	8	0	1200	4.30E+04	4.60E+05	410.33	36	42	190
107	6	6	1	20	40	0.13	8	0.35	0.8	7.75	12	8	6	1300	4.20E+04	488415	403.341	42	49	230
108	5	5	1	20	50	0.21	9.6	0.35	0.8	9.3	21	4	6	1500	4.60E+04	656764	478.764	30	36	190
109	6	6	1	30	45	0.13	8	0.3	0.8	7.75	18	12	2	1300	4.50E+04	531668	448.46	42	49	230
110	6	5	1	20	35	0.13	9.6	0.4	0.7	7.75	16	14	0	1300	5.30E+04	456584	394.745	36	42	190
111	5	6	0	20	40	0.17	9.3	0.25	0.5	8	15	10	6	1200	4.20E+04	455320	405.99	36	42	200
112	6	5	1	30	50	0.17	9.6	0.4	0.6	7.75	14	6	6	1400	3.50E+04	599164	475.892	36	42	190
113	6	5	0	35	40	0.2	7.75	0.3	0.8	9.6	15	10	4	1500	5.10E+04	591443	404.091	35	42	240
114	6	6	1	35	50	0.13	8	0.4	0.7	7.75	13	0	0	1400	3.50E+04	594518	477.283	42	49	230
115	6	6	1	25	35	0.17	8	0.2	0.8	7.75	13	12	0	1300	4.70E+04	476141	388.661	42	49	230
116	6	6	1	20	35	0.09	8	0.3	0.5	7.75	15	6	0	1000	4.30E+04	367424	400.418	42	49	230
117	5	6	0	25	45	0.26	9.3	0.2	0.4	8	14	13	4	1600	6.70E+04	655365	451.349	36	42	200
118	6	5	1	35	35	0.13	9.6	0.4	0.8	7.75	14	8	0	1300	4.10E+04	488721	383.107	36	42	190
119	6	6	1	25	50	0.13	8	0.25	0.8	7.75	14	7	4	1200	4.90E+04	534177	494.636	42	49	230
120	6	6	0	25	45	0.13	7.75	0.4	0.6	8	10	3	4	1300	4.40E+04	528779	445.847	42	49	240
121	6	6	1	25	40	0.13	8	0.25	0.8	7.75	15	4	6	1200	4.60E+04	462235	411.955	42	49	230
122	6	6	0	20	40	0.21	7.75	0.2	0.8	8	17	4	2	1500	7.00E+04	560572	419.618	42	49	240
123	3	6	0	25	35	0.26	15.5	0.35	0.8	8	18	14	4	1700	5.20E+04	607611	378.009	24	28	120
124	6	6	1	35	35	0.26	8	0.2	0.8	7.75	12	8	2	1700	6.00E+04	648885	382.766	42	49	230
125	6	5	1	30	40	0.21	9.6	0.25	0.7	7.75	16	4	2	1400	3.90E+04	539832	396.772	36	42	190
126	5	6	1	30	45	0.21	8	0.4	0.5	9.3	15	2	4	1500	3.90E+04	619649	434.434	35	42	230
127	5	6	0	30	40	0.2	9.3	0.2	0.5	8	14	13	2	1300	4.50E+04	497444	407.082	36	42	200
128	6	4	1	30	40	0.2	12	0.25	0.8	7.75	15	12	6	1300	4.30E+04	513660	402.672	30	35	160
129	6	5	1	35	40	0.17	9.6	0.2	0.8	7.75	19	8	4	1300	3.80E+04	490947	401.478	36	42	190
130	6	5	1	35	45	0.2	9.6	0.25	0.8	7.75	14	6	0	1400	6.50E+04	602742	458.644	36	42	190
131	6	5	1	25	35	0.13	9.6	0.25	0.5	7.75	15	10	4	1100	4.60E+04	400495	397.87	36	42	190
132	6	5	1	35	50	0.17	9.6	0.25	0.6	7.75	17	4	6	1300	5.30E+04	572708	494.971	36	42	190
133	6	5	0	35	35	0.09	7.75	0.4	0.8	9.6	10	10	6	1200	4.90E+04	470769	394.497	35	42	240
134	6	6	1	35	35	0.2	8	0.3	0.4	7.75	13	0	0	1400	3.90E+04	505620	379.514	42	49	230
135	6	5	1	25	45	0.2	9.6	0.4	0.5	7.75	7	6	4	1400	4.60E+04	570279	442.37	36	42	190
136	6	5	1	20	45	0.09	9.6	0.4	0.5	7.75	15	6	2	1100	3.60E+04	409428	450.064	36	42	190
137	6	6	1	20	45	0.17	8	0.3	0.7	7.75	8	6	2	1400	4.70E+04	553132	445.079	42	49	230
138	5	6	1	30	50	0.21	8	0.25	0.6	9.3	17	8	2	1400	7.00E+04	656730	500.879	35	42	230
139	5	4	1	20	45	0.13	12	0.4	0.8	9.3	20	12	2	1300	4.60E+04	498032	448.453	25	30	160
140	6	6	1	30	35	0.2	8	0.25	0.8	7.75	13	0	4	1500	5.10E+04	541904	385.794	42	49	230



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ESTRUTURAS



INDIVÍDUO	NX	NY	DL	FCKCML	FCKCP M	HL	LLJ	HV	BV	LLV	NA	NB	NPT	Volume Concreto (m³)	Peso de Aço (kg)	EMISSÃO DE CO ₂		QDV	QDP	QDL
																Total	Emissão/m³			
141	6	5	0	20	40	0.09	7.75	0.35	0.4	9.6	13	8	0	1000	3.30E+04	373062	408.901	35	42	240
142	6	6	0	25	50	0.2	7.75	0.25	0.8	8	13	2	4	1500	5.80E+04	647705	490.869	42	49	240
143	6	5	1	25	45	0.26	9.6	0.3	0.6	7.75	8	8	6	1700	5.60E+04	692962	440.606	36	42	190
144	6	6	0	35	35	0.26	7.75	0.25	0.7	8	8	7	2	1800	5.10E+04	650783	376.584	42	49	240
145	6	6	0	35	40	0.17	7.75	0.2	0.9	8	20	4	2	1400	4.70E+04	530492	407.126	42	49	240
146	6	6	1	30	45	0.2	8	0.2	0.9	7.75	23	8	0	1400	5.90E+04	604664	452.941	42	49	230
147	5	6	0	20	35	0.09	9.3	0.25	0.8	8	18	4	6	1000	4.70E+04	369640	406.504	36	42	200
148	6	6	0	30	45	0.17	7.75	0.25	0.9	8	14	8	4	1400	6.00E+04	595943	454.545	42	49	240
149	6	6	1	30	50	0.17	8	0.25	0.9	7.75	20	10	2	1400	6.80E+04	639834	502.009	42	49	230
150	6	6	1	25	45	0.09	8	0.2	0.9	7.75	18	14	2	1100	5.60E+04	430771	477.503	42	49	230
151	6	5	1	20	40	0.2	9.6	0.2	0.8	7.75	12	8	4	1400	4.20E+04	496942	402.085	36	42	190
152	6	5	1	25	50	0.17	9.6	0.3	0.8	7.75	13	0	6	1400	4.30E+04	585297	482.655	36	42	190
153	6	6	0	25	40	0.26	7.75	0.25	0.9	8	17	6	4	1800	6.60E+04	694701	403.965	42	49	240
154	6	4	0	20	40	0.09	7.75	0.4	0.5	12	15	12	0	1100	4.00E+04	402192	412.783	28	35	240
155	5	5	0	20	35	0.26	9.3	0.3	0.6	9.6	17	6	6	1700	5.30E+04	615240	378.11	30	36	200
156	5	5	1	30	40	0.17	9.6	0.4	0.5	9.3	10	7	2	1300	3.00E+04	495740	392.261	30	36	190
157	6	5	0	30	35	0.17	7.75	0.35	0.6	9.6	12	3	2	1400	4.00E+04	510626	379.352	35	42	240
158	6	5	0	25	35	0.09	7.75	0.4	0.4	9.6	8	6	0	1100	3.70E+04	381270	391.331	35	42	240
159	6	5	1	35	45	0.26	9.6	0.25	0.8	7.75	12	3	6	1700	4.60E+04	715382	434.091	36	42	190
160	5	4	1	35	45	0.2	12	0.3	0.7	9.3	15	14	2	1400	5.00E+04	579052	446.997	25	30	160
161	6	5	0	35	40	0.26	7.75	0.3	0.6	9.6	15	2	2	1800	3.70E+04	666781	388.568	35	42	240
162	6	5	0	30	40	0.21	7.75	0.4	0.8	9.6	6	4	6	1700	3.70E+04	629236	390.137	35	42	240
163	5	5	0	20	35	0.26	9.3	0.3	0.6	9.6	17	4	2	1700	5.10E+04	613321	376.72	30	36	200
164	5	4	1	20	35	0.2	12	0.35	0.6	9.3	17	4	6	1400	5.20E+04	491832	388.299	25	30	160
165	6	5	0	35	35	0.13	7.75	0.25	0.5	9.6	15	10	6	1200	5.10E+04	439743	401.226	35	42	240
166	6	6	1	25	50	0.26	8	0.2	0.6	7.75	10	4	0	1700	4.40E+04	725588	474.683	42	49	230
167	5	6	1	35	45	0.21	8	0.35	0.4	9.3	8	6	2	1400	4.10E+04	596865	438.573	35	42	230
168	5	4	1	35	35	0.09	12	0.4	0.7	9.3	13	10	0	1100	4.00E+04	406257	392.993	25	30	160
169	6	5	0	30	50	0.17	7.75	0.25	0.6	9.6	17	4	4	1300	4.30E+04	578328	484.991	35	42	240
170	3	6	0	30	50	0.13	15.5	0.4	0.7	8	16	8	6	1200	3.70E+04	509979	484.079	24	28	120
171	4	5	0	35	35	0.17	11.62	0.25	0.8	9.6	20	14	6	1300	4.60E+04	484679	387.411	25	30	160
172	6	6	1	35	50	0.09	8	0.3	0.8	7.75	8	0	4	1100	3.50E+04	499250	486.994	42	49	230
173	5	4	1	25	50	0.2	12	0.35	0.8	9.3	15	2	6	1400	6.50E+04	637988	495.469	25	30	160
174	4	6	0	35	45	0.13	11.62	0.25	0.8	8	14	7	2	1100	4.70E+04	478170	457.308	30	35	160
175	5	6	1	20	45	0.09	8	0.35	0.6	9.3	8	3	0	1100	3.10E+04	423784	443.306	35	42	230



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ESTRUTURAS



INDIVÍDUO	NX	NY	DL	FCKCML	FCKCP M	HL	LLJ	HV	BV	LLV	NA	NB	NPT	Volume Concreto (m³)	Peso de Aço (kg)	EMISSÃO DE CO ₂		QDV	QDP	QDL
																Total	Emissão/m³			
176	6	6	1	20	35	0.17	8	0.3	0.5	7.75	5	0	4	1300	3.00E+04	453768	373.324	42	49	230
177	6	5	0	20	40	0.09	7.75	0.25	0.8	9.6	14	5	6	1100	4.20E+04	394590	417.632	35	42	240
178	6	5	1	20	35	0.09	9.6	0.2	0.6	7.75	17	4	2	950	4.20E+04	334626	407.114	36	42	190
179	5	6	1	30	40	0.09	8	0.25	0.6	9.3	17	2	2	1000	3.30E+04	386391	410.229	35	42	230
180	5	5	1	25	40	0.2	9.6	0.3	0.5	9.3	15	0	6	1300	3.40E+04	490982	394.843	30	36	190
181	6	5	1	20	40	0.21	9.6	0.3	0.5	7.75	4	3	0	1400	3.50E+04	506535	394.341	36	42	190
182	6	5	0	20	40	0.2	7.75	0.3	0.8	9.6	10	0	2	1500	6.30E+04	570909	412.142	35	42	240
183	5	6	1	30	50	0.09	8	0.35	0.8	9.3	6	5	0	1200	2.90E+04	504708	478.057	35	42	230
184	6	5	0	35	40	0.21	7.75	0.3	0.6	9.6	10	3	0	1500	6.10E+04	589562	411.948	35	42	240
185	5	4	1	20	35	0.2	12	0.4	0.4	9.3	13	2	4	1300	4.40E+04	472710	382.967	25	30	160
186	5	5	1	35	35	0.21	9.6	0.2	0.8	9.3	16	6	6	1400	5.50E+04	530276	389.906	30	36	190
187	2	6	0	20	40	0.26	23.25	0.4	0.7	8	19	12	0	1600	5.30E+04	607367	399.921	18	21	80
188	6	5	0	25	45	0.09	7.75	0.25	0.8	9.6	12	8	0	1100	3.60E+04	425423	450.431	35	42	240
189	5	6	0	20	50	0.21	9.3	0.2	0.6	8	14	0	4	1400	3.50E+04	5.76E+05	475.998	36	42	200
190	6	6	0	35	50	0.17	7.75	0.3	0.6	8	3	2	6	1400	3.00E+04	599266	472.656	42	49	240
191	5	5	0	20	35	0.2	9.3	0.2	0.9	9.6	15	12	4	1400	6.00E+04	499660	395.613	30	36	200
192	5	6	0	25	35	0.2	9.3	0.25	0.4	8	7	2	2	1300	4.30E+04	463803	384.564	36	42	200
193	5	5	1	20	35	0.2	9.6	0.3	0.8	9.3	5	2	6	1400	6.40E+04	521952	395.73	30	36	190
194	5	5	0	25	45	0.09	9.3	0.35	0.7	9.6	6	4	6	1100	3.60E+04	428628	449.04	30	36	200
195	3	6	0	35	40	0.26	15.5	0.2	0.8	8	14	14	2	1600	4.40E+04	617212	395.506	24	28	120
196	5	6	1	30	45	0.21	8	0.2	0.4	9.3	13	8	2	1300	3.60E+04	545633	437.413	35	42	230
197	5	6	1	25	35	0.21	8	0.35	0.4	9.3	5	0	0	1400	3.70E+04	507120	375.506	35	42	230
198	6	3	1	25	40	0.2	16	0.3	0.5	7.75	14	2	4	1300	2.80E+04	463326	391.972	24	28	120
199	5	5	1	20	45	0.26	9.6	0.25	0.6	9.3	14	3	2	1700	4.00E+04	668930	430.962	30	36	190
200	5	4	0	25	40	0.17	9.3	0.4	0.5	12	13	6	6	1400	4.90E+04	508108	406.748	24	30	200
201	6	4	1	30	35	0.17	12	0.25	0.9	7.75	8	5	0	1300	4.20E+04	471810	384.612	30	35	160
202	5	5	1	20	40	0.09	9.6	0.25	0.6	9.3	17	0	0	980	2.60E+04	343220	403.801	30	36	190
203	3	5	0	20	35	0.17	15.5	0.35	0.8	9.6	19	0	0	1300	4.70E+04	455799	387.947	20	24	120
204	5	5	0	20	40	0.2	9.3	0.25	0.8	9.6	10	0	2	1400	3.60E+04	508307	395.77	30	36	200
205	6	2	1	25	45	0.21	24	0.4	0.7	7.75	15	12	4	1400	3.70E+04	542993	435.985	18	21	78
206	4	5	0	30	40	0.26	11.62	0.2	0.8	9.6	18	10	6	1700	5.20E+04	633919	399.089	25	30	160
207	5	3	1	25	50	0.26	16	0.3	0.7	9.3	18	14	6	1700	3.80E+04	713424	470.608	20	24	120
208	5	5	0	35	35	0.2	9.3	0.25	0.8	9.6	6	4	4	1400	5.80E+04	534758	392.977	30	36	200
209	4	5	1	30	50	0.09	9.6	0.35	0.7	11.62	16	8	4	1100	4.40E+04	4.83E+05	496.206	24	30	190
210	5	5	1	20	35	0.09	9.6	0.25	0.4	9.3	13	6	0	930	3.20E+04	319957	394.218	30	36	190



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ESTRUTURAS



INDIVÍDUO	NX	NY	DL	FCKCML	FCKCP M	HL	LLJ	HV	BV	LLV	NA	NB	NPT	Volume Concreto (m³)	Peso de Aço (kg)	EMISSÃO DE CO ₂		qdv	QDP	QDL
																Total	Emissão/m³			
211	6	2	1	30	45	0.21	24	0.4	0.5	7.75	15	12	0	1300	4.00E+04	543156	439.658	18	21	78
212	5	3	1	20	50	0.13	16	0.4	0.7	9.3	16	2	4	1200	4.00E+04	484297	488.672	20	24	120
213	6	4	1	35	45	0.09	12	0.2	0.7	7.75	14	8	4	930	3.40E+04	382746	458.08	30	35	160
214	4	7	0	20	40	0.2	11.62	0.35	0.8	6.86	10	0	4	1400	5.90E+04	5.37E+05	411.37	35	40	160
215	5	6	1	25	45	0.2	8	0.2	0.4	9.3	13	0	0	1300	3.00E+04	506367	433.634	35	42	230
216	5	6	1	35	45	0.21	8	0.2	0.7	9.3	6	3	4	1400	4.00E+04	590095	438.254	35	42	230
217	5	4	0	30	50	0.17	9.3	0.4	0.7	12	6	6	0	1400	3.00E+04	622173	469.622	24	30	200
218	6	2	1	20	35	0.17	24	0.3	0.7	7.75	18	8	4	1200	3.30E+04	413799	378.314	18	21	78
219	6	2	1	35	40	0.26	24	0.4	0.8	7.75	8	3	4	1700	2.60E+04	618499	382.814	18	21	78
220	4	7	0	30	35	0.21	11.62	0.3	0.7	6.86	10	8	2	1400	6.80E+04	540389	399.346	35	40	160
221	2	6	0	35	45	0.17	23.25	0.35	0.7	8	19	4	6	1200	3.90E+04	508357	443.478	18	21	80
222	2	6	0	30	35	0.21	23.25	0.3	0.8	8	14	4	2	1400	3.90E+04	492061	378.717	18	21	80
223	3	7	0	20	35	0.2	15.5	0.4	0.8	6.86	21	14	2	1400	7.80E+04	526304	406.92	28	32	120
224	6	4	0	20	40	0.21	7.75	0.25	0.5	12	10	8	4	1400	4.20E+04	512729	400.638	28	35	240
225	3	7	0	25	40	0.21	15.5	0.35	0.8	6.86	10	7	4	1400	4.20E+04	533103	398.97	28	32	120
226	5	5	1	30	45	0.13	9.6	0.25	0.5	9.3	8	0	6	1100	2.40E+04	437680	433.788	30	36	190
227	5	6	1	25	35	0.17	8	0.2	0.5	9.3	5	0	4	1200	2.70E+04	429127	373.477	35	42	230
228	4	7	0	30	40	0.21	11.62	0.2	0.6	6.86	14	8	4	1300	4.30E+04	508246	402.577	35	40	160
229	7	5	1	35	40	0.21	9.6	0.4	0.4	6.64	13	0	4	1400	5.10E+04	559988	405.744	42	48	190
230	6	3	1	20	40	0.17	16	0.2	0.9	7.75	10	2	0	1200	2.60E+04	431529	391.657	24	28	120
231	2	6	0	35	40	0.2	23.25	0.25	0.7	8	14	14	6	1300	6.20E+04	505943	421.777	18	21	80
232	8	3	1	20	40	0.26	16	0.4	0.8	5.81	8	6	0	1700	5.10E+04	640417	396.992	32	36	120
233	5	6	1	20	50	0.09	8	0.2	0.8	9.3	4	3	6	1000	2.80E+04	412879	484.417	35	42	230
234	4	5	0	20	50	0.17	11.62	0.25	0.5	9.6	14	3	0	1200	2.80E+04	504891	472.864	25	30	160
235	5	4	1	20	40	0.21	12	0.2	0.4	9.3	13	10	0	1300	3.80E+04	471834	399.398	25	30	160
236	3	6	0	35	45	0.17	15.5	0.25	0.4	8	13	4	6	1200	3.90E+04	484036	445.946	24	28	120
237	6	3	1	25	50	0.13	16	0.25	0.8	7.75	6	3	2	1100	2.70E+04	456788	477.533	24	28	120
238	2	6	0	25	45	0.17	23.25	0.3	0.8	8	18	2	0	1200	2.60E+04	474484	430.952	18	21	80
239	6	3	0	25	40	0.13	7.75	0.35	0.8	16	18	6	4	1400	4.40E+04	502159	404.726	21	28	240
240	6	5	0	30	50	0.17	7.75	0.2	0.4	9.6	10	3	0	1200	2.70E+04	522906	474.343	35	42	240
241	6	7	0	30	45	0.17	7.75	0.35	0.8	6.86	14	6	4	1500	5.60E+04	626640	448.003	49	56	240
242	7	6	1	35	40	0.21	8	0.3	0.7	6.64	5	0	4	1500	3.30E+04	583676	390.725	49	56	230
243	6	7	0	25	40	0.21	7.75	0.35	0.5	6.86	6	3	4	1500	3.70E+04	555910	394.137	49	56	240
244	4	4	0	30	35	0.21	11.62	0.3	0.7	12	8	8	2	1400	4.40E+04	521504	380.392	20	25	160
245	6	3	0	20	45	0.17	7.75	0.4	0.7	16	13	6	4	1500	4.60E+04	595568	440.829	21	28	240



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ESTRUTURAS



INDIVÍDUO	NX	NY	DL	FCKCML	FCKCP M	HL	LLJ	HV	BV	LLV	NA	NB	NPT	Volume Concreto (m³)	Peso de Aço (kg)	EMISSÃO DE CO ₂		QDV	QDP	QDL
																Total	Emissão/m³			
246	4	3	0	30	35	0.2	11.62	0.4	0.8	16	21	12	4	1500	5.60E+04	554694	387.225	15	20	160
247	7	4	1	25	50	0.2	12	0.3	0.7	6.64	18	0	4	1400	6.00E+04	600276	495.939	35	40	160
248	4	8	0	30	45	0.2	11.62	0.25	0.6	6	13	2	4	1300	6.00E+04	557335	458.033	40	45	160
249	7	3	1	30	35	0.2	16	0.25	0.7	6.64	14	0	0	1300	5.80E+04	492054	396.871	28	32	120
250	7	6	1	25	40	0.2	8	0.2	0.6	6.64	16	2	4	1400	4.30E+04	508066	402.811	49	56	230
251	4	4	0	30	45	0.13	11.62	0.35	0.8	12	7	0	2	1200	2.30E+04	485239	428.355	20	25	160
252	4	8	0	20	35	0.21	11.62	0.4	0.5	6	14	0	0	1400	5.80E+04	512760	390.835	40	45	160
253	3	5	1	25	40	0.21	9.6	0.35	0.8	15.5	13	12	0	1600	4.80E+04	585614	399.468	18	24	190
254	4	4	0	20	40	0.17	11.62	0.25	0.8	12	16	4	6	1300	3.80E+04	463390	400.679	20	25	160
255	4	8	0	20	45	0.26	11.62	0.3	0.5	6	15	10	4	1600	5.60E+04	660849	442.141	40	45	160
256	6	3	0	30	40	0.2	7.75	0.35	0.5	16	15	12	0	1500	4.30E+04	551554	399.764	21	28	240
257	4	5	1	25	45	0.17	9.6	0.25	0.8	11.62	8	3	0	1300	3.20E+04	523076	434.121	24	30	190
258	7	5	1	20	40	0.21	9.6	0.25	0.4	6.64	13	12	0	1400	3.90E+04	491959	399.208	42	48	190
259	5	5	1	20	50	0.13	9.6	0.2	0.6	9.3	7	2	6	1100	3.00E+04	446308	481.967	30	36	190
260	6	3	0	25	45	0.13	7.75	0.3	0.8	16	20	14	0	1300	5.30E+04	526827	454.672	21	28	240
261	6	4	0	30	35	0.2	7.75	0.2	0.6	12	8	8	4	1300	5.10E+04	500199	390.461	28	35	240
262	8	3	1	30	40	0.26	16	0.25	0.7	5.81	18	12	4	1600	4.50E+04	618833	395.592	32	36	120
263	5	7	0	30	35	0.21	9.3	0.2	0.6	6.86	14	14	4	1400	5.30E+04	513487	389.528	42	48	200
264	6	2	1	30	45	0.09	24	0.35	0.8	7.75	14	10	0	960	3.40E+04	389589	452.799	18	21	78
265	7	5	1	25	50	0.2	9.6	0.2	0.7	6.64	19	2	4	1300	5.10E+04	585335	489.827	42	48	190
266	7	4	1	20	35	0.21	12	0.2	0.5	6.64	15	12	2	1300	5.20E+04	466080	391.194	35	40	160
267	5	4	0	25	50	0.09	9.3	0.3	0.8	12	3	2	0	1100	3.20E+04	456606	483.481	24	30	200
268	2	5	0	30	40	0.17	23.25	0.35	0.8	9.6	16	2	0	1200	2.20E+04	454573	386.915	15	18	80
269	6	3	1	20	35	0.13	16	0.2	0.4	7.75	14	3	6	1000	3.20E+04	350427	386.996	24	28	120
270	3	7	0	30	50	0.26	15.5	0.4	0.6	6.86	17	6	2	1700	4.70E+04	744266	475.394	28	32	120
271	4	5	1	20	40	0.21	9.6	0.2	0.6	11.62	17	0	6	1400	4.70E+04	505659	404.582	24	30	190
272	6	7	0	30	40	0.13	7.75	0.25	0.4	6.86	13	4	0	1100	3.70E+04	435514	408.013	49	56	240
273	5	8	0	30	40	0.21	9.3	0.3	0.5	6	15	10	2	1400	4.50E+04	546001	401.774	48	54	200
274	3	4	1	25	35	0.09	12	0.35	0.8	15.5	21	14	6	1100	4.50E+04	386784	399.505	15	20	160
275	4	3	1	20	35	0.26	16	0.3	0.8	11.62	13	8	6	1700	4.70E+04	585325	375.474	16	20	120
276	8	4	1	30	40	0.2	12	0.35	0.5	5.81	15	10	2	1300	4.00E+04	510440	400.257	40	45	160
277	7	6	1	30	40	0.13	8	0.3	0.8	6.64	21	14	6	1300	4.90E+04	501391	411.202	49	56	230
278	7	6	1	35	40	0.21	8	0.2	0.4	6.64	12	8	4	1400	6.70E+04	5.47E+05	422.194	49	56	230
279	6	7	0	35	35	0.2	7.75	0.35	0.4	6.86	13	12	0	1400	5.10E+04	533361	386.968	49	56	240
280	5	8	0	30	35	0.21	9.3	0.25	0.8	6	20	4	6	1500	5.70E+04	552851	389.165	48	54	200



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ESTRUTURAS



INDIVÍDUO	NX	NY	DL	FCKCML	FCKCP M	HL	LLJ	HV	BV	LLV	NA	NB	NPT	Volume Concreto (m³)	Peso de Aço (kg)	EMISSÃO DE CO ₂		QDV	QDP	QDL
																Total	Emissão/m³			
281	5	3	0	25	50	0.21	9.3	0.35	0.7	16	19	12	6	1500	5.60E+04	678156	485.704	18	24	200
282	8	4	1	20	45	0.2	12	0.35	0.6	5.81	13	4	4	1400	4.50E+04	544405	442.797	40	45	160
283	2	6	0	20	40	0.21	23.25	0.25	0.5	8	15	2	2	1300	2.60E+04	456142	389.183	18	21	80
284	3	7	0	20	50	0.26	15.5	0.3	0.6	6.86	14	10	2	1600	3.20E+04	690089	467.32	28	32	120
285	4	5	0	20	50	0.17	11.62	0.2	0.8	9.6	3	2	0	1300	3.20E+04	521057	476.399	25	30	160
286	7	6	1	35	35	0.2	8	0.25	0.4	6.64	13	4	0	1300	6.50E+04	519437	401.452	49	56	230
287	2	6	0	25	35	0.09	23.25	0.3	0.6	8	16	0	2	920	2.70E+04	317961	386.019	18	21	80
288	2	6	0	25	40	0.09	23.25	0.3	0.4	8	14	13	0	890	2.60E+04	319178	407.117	18	21	80
289	6	8	0	35	35	0.17	7.75	0.4	0.8	6	20	10	6	1600	7.10E+04	599915	396.598	56	63	240
290	3	4	1	35	40	0.13	12	0.4	0.7	15.5	19	0	2	1200	3.70E+04	473263	401.825	15	20	160
291	2	7	0	35	35	0.26	23.25	0.2	0.6	6.86	13	6	6	1600	4.90E+04	577207	379.325	21	24	80
292	7	6	1	25	45	0.21	8	0.4	0.7	6.64	17	8	0	1600	8.30E+04	686261	460.677	49	56	230
293	7	3	1	25	40	0.17	16	0.3	0.7	6.64	14	2	2	1300	2.40E+04	449094	389.094	28	32	120
294	4	8	0	30	40	0.17	11.62	0.2	0.5	6	10	10	4	1200	3.60E+04	450824	402.375	40	45	160
295	6	7	0	30	50	0.21	7.75	0.25	0.6	6.86	4	3	4	1500	3.60E+04	642163	474.215	49	56	240
296	8	6	1	20	45	0.2	8	0.35	0.6	5.81	14	8	4	1500	4.60E+04	598154	440.767	56	63	230
297	7	5	1	35	45	0.13	9.6	0.2	0.8	6.64	8	6	0	1200	3.10E+04	470384	440.419	42	48	190
298	3	8	0	30	50	0.26	15.5	0.35	0.7	6	19	4	6	1700	4.40E+04	746457	473.486	32	36	120
299	3	6	1	35	45	0.09	8	0.4	0.4	15.5	6	4	6	1100	2.90E+04	437388	441.32	21	28	230
300	4	6	1	35	35	0.09	8	0.2	0.5	11.62	15	0	6	950	3.70E+04	357772	401.838	28	35	230
301	6	8	0	25	35	0.2	7.75	0.35	0.7	6	19	12	2	1600	7.00E+04	575133	396.025	56	63	240
302	3	7	0	30	50	0.17	15.5	0.25	0.5	6.86	8	4	6	1200	4.70E+04	529859	493.255	28	32	120
303	4	3	0	25	45	0.17	11.62	0.4	0.8	16	12	7	2	1400	4.20E+04	562174	439.485	15	20	160
304	7	2	1	35	40	0.21	24	0.3	0.8	6.64	14	14	2	1400	3.40E+04	516545	394.41	21	24	78
305	4	4	0	20	35	0.17	11.62	0.2	0.8	12	10	8	0	1200	3.70E+04	430868	381.091	20	25	160
306	7	6	1	25	40	0.09	8	0.25	0.7	6.64	17	10	6	1100	4.40E+04	399059	421.176	49	56	230
307	7	6	1	30	35	0.17	8	0.4	0.4	6.64	14	13	6	1400	5.20E+04	506908	389.795	49	56	230
308	6	4	0	25	45	0.17	7.75	0.2	0.4	12	13	6	2	1200	4.80E+04	485791	453.904	28	35	240
309	5	8	0	30	45	0.13	9.3	0.3	0.8	6	7	6	4	1300	4.50E+04	517125	449.168	48	54	200
310	2	4	0	30	35	0.17	23.25	0.4	0.8	12	16	2	0	1200	3.00E+04	447871	374.084	12	15	80
311	8	5	1	20	35	0.2	9.6	0.2	0.4	5.81	13	12	6	1300	7.70E+04	480698	415.624	48	54	190
312	4	8	0	30	50	0.26	11.62	0.4	0.5	6	8	6	6	1700	4.10E+04	744933	471.407	40	45	160
313	6	2	1	35	40	0.21	24	0.25	0.4	7.75	13	4	2	1300	3.50E+04	4.85E+05	397.654	18	21	78
314	8	4	1	25	45	0.21	12	0.2	0.6	5.81	10	5	0	1300	3.80E+04	530806	438.948	40	45	160
315	3	8	0	20	35	0.21	15.5	0.2	0.6	6	17	12	0	1300	4.10E+04	452756	383.109	32	36	120



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ESTRUTURAS



INDIVÍDUO	NX	NY	DL	FCKCML	FCKCP M	HL	LLJ	HV	BV	LLV	NA	NB	NPT	Volume Concreto (m³)	Peso de Aço (kg)	EMISSÃO DE CO ₂		QDV	QDP	QDL
																Total	Emissão/m³			
316	7	6	1	35	50	0.13	8	0.25	0.6	6.64	17	12	4	1200	5.40E+04	541183	502.312	49	56	230
317	6	8	0	25	35	0.17	7.75	0.25	0.8	6	7	0	4	1400	4.30E+04	500945	382.023	56	63	240
318	5	8	0	25	45	0.17	9.3	0.25	0.5	6	12	6	4	1300	4.20E+04	506750	446.069	48	54	200
319	6	8	0	35	35	0.2	7.75	0.2	0.6	6	17	4	0	1400	5.40E+04	525048	391.021	56	63	240
320	3	5	1	20	35	0.13	9.6	0.35	0.4	15.5	14	3	6	1100	3.80E+04	396732	387.838	18	24	190
321	2	4	0	30	45	0.21	23.25	0.4	0.8	12	14	6	0	1400	4.30E+04	565144	440.738	12	15	80
322	2	7	0	25	45	0.2	23.25	0.2	0.8	6.86	15	10	6	1200	6.60E+04	514952	467.598	21	24	80
323	8	3	1	35	40	0.17	16	0.35	0.4	5.81	13	12	6	1200	3.60E+04	455178	402.468	32	36	120
324	4	4	0	20	35	0.13	11.62	0.3	0.4	12	3	2	6	1100	2.60E+04	367889	376.226	20	25	160
325	7	2	1	30	45	0.21	24	0.4	0.5	6.64	15	4	6	1300	4.70E+04	553846	445.681	21	24	78
326	7	5	1	25	45	0.13	9.6	0.3	0.7	6.64	19	12	0	1200	4.90E+04	487360	455.378	42	48	190
327	7	3	1	30	50	0.17	16	0.35	0.8	6.64	16	4	4	1300	4.40E+04	573081	485.336	28	32	120
328	6	3	0	25	40	0.13	7.75	0.3	0.4	16	13	12	0	1200	3.70E+04	427021	406.495	21	28	240
329	5	8	0	35	45	0.17	9.3	0.4	0.5	6	15	2	2	1400	3.40E+04	560476	435.523	48	54	200
330	2	4	0	25	35	0.26	23.25	0.35	0.8	12	16	10	0	1600	4.50E+04	574779	375.142	12	15	80
331	5	4	0	35	50	0.09	9.3	0.2	0.9	12	15	6	4	1000	4.20E+04	455113	500.935	24	30	200
332	8	6	1	20	35	0.26	8	0.2	0.5	5.81	15	12	0	1700	6.30E+04	6.00E+05	386.638	56	63	230
333	4	8	0	20	45	0.13	11.62	0.2	0.8	6	13	12	0	1100	4.50E+04	438551	456.514	40	45	160
334	4	4	0	30	35	0.13	11.62	0.25	0.4	12	13	8	0	1100	3.50E+04	387716	387.513	20	25	160
335	2	7	0	35	50	0.21	23.25	0.3	0.6	6.86	17	10	6	1300	7.00E+04	614742	505.085	21	24	80
336	3	4	0	35	50	0.2	15.5	0.3	0.8	12	8	0	0	1400	4.40E+04	605369	482.472	16	20	120
337	3	6	1	30	45	0.26	8	0.4	0.5	15.5	5	0	0	1800	4.30E+04	733510	431.116	21	28	230
338	6	8	0	35	50	0.2	7.75	0.35	0.5	6	14	10	0	1500	5.90E+04	669864	490.865	56	63	240
339	6	3	0	25	50	0.13	7.75	0.3	0.8	16	6	2	2	1300	4.70E+04	559730	490.086	21	28	240
340	2	7	0	30	40	0.17	23.25	0.35	0.8	6.86	21	8	6	1200	2.60E+04	4.55E+05	390.917	21	24	80
341	2	5	0	25	35	0.26	23.25	0.2	0.8	9.6	20	2	2	1600	3.80E+04	549768	372.169	15	18	80
342	2	6	0	20	50	0.21	23.25	0.25	0.4	8	10	5	2	1300	3.90E+04	535809	480.968	18	21	80
343	3	7	0	25	50	0.13	15.5	0.35	0.7	6.86	19	14	0	1200	4.60E+04	495321	493.983	28	32	120
344	4	3	0	30	50	0.13	11.62	0.35	0.8	16	14	6	2	1200	4.40E+04	542999	488.06	15	20	160
345	4	3	1	30	40	0.26	16	0.4	0.4	11.62	3	2	0	1600	4.40E+04	610612	394.797	16	20	120
346	4	4	0	25	35	0.13	11.62	0.25	0.4	12	8	7	6	1100	4.40E+04	381426	398.189	20	25	160
347	7	2	1	25	40	0.17	24	0.25	0.7	6.64	17	8	6	1200	3.80E+04	428630	405.388	21	24	78
348	6	2	1	25	35	0.13	24	0.2	0.5	7.75	15	6	4	1000	3.50E+04	357694	390.046	18	21	78
349	7	6	1	20	35	0.09	8	0.35	0.5	6.64	14	4	2	1100	4.10E+04	382413	394.761	49	56	230
350	8	6	1	35	35	0.13	8	0.35	0.4	5.81	13	2	2	1200	4.30E+04	455207	390.025	56	63	230



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ESTRUTURAS



INDIVÍDUO	NX	NY	DL	FCKCML	FCKCP M	HL	LLJ	HV	BV	LLV	NA	NB	NPT	Volume Concreto (m³)	Peso de Aço (kg)	EMISSÃO DE CO ₂		QDV	QDP	QDL
																Total	Emissão/m³			
351	8	6	1	20	45	0.26	8	0.25	0.4	5.81	13	12	6	1700	7.50E+04	690198	453.683	56	63	230
352	5	2	1	20	40	0.2	24	0.3	0.4	9.3	5	4	6	1200	3.20E+04	438094	397.061	15	18	78
353	6	8	0	20	40	0.09	7.75	0.25	0.4	6	13	4	0	1000	3.20E+04	360392	409.847	56	63	240
354	8	6	1	20	35	0.13	8	0.25	0.4	5.81	12	6	0	1100	4.40E+04	405685	394.317	56	63	230
355	8	4	1	20	50	0.13	12	0.4	0.8	5.81	12	5	0	1300	4.10E+04	526505	484.929	40	45	160
356	6	3	0	25	50	0.26	7.75	0.35	0.4	16	13	2	4	1700	4.30E+04	744613	472.403	21	28	240
357	3	3	0	25	35	0.09	15.5	0.4	0.4	16	13	12	2	940	3.10E+04	330081	390.518	12	16	120
358	3	4	1	30	35	0.26	12	0.4	0.4	15.5	13	4	0	1700	4.00E+04	597602	371.23	15	20	160
359	3	4	0	25	35	0.26	15.5	0.3	0.4	12	13	2	0	1600	3.70E+04	554853	371.13	16	20	120
360	3	4	0	30	40	0.17	15.5	0.2	0.9	12	14	5	6	1200	3.00E+04	4.60E+05	395.081	16	20	120
361	3	3	0	20	35	0.09	15.5	0.4	0.4	16	13	6	0	940	3.00E+04	322350	389.129	12	16	120
362	3	6	1	25	40	0.26	8	0.25	0.4	15.5	13	10	4	1600	4.80E+04	611839	397.149	21	28	230
363	4	4	0	20	45	0.17	11.62	0.25	0.4	12	3	2	2	1200	1.80E+04	447519	424.312	20	25	160
364	5	2	1	35	50	0.09	24	0.25	0.6	9.3	17	12	6	890	2.80E+04	382650	490.816	15	18	78
365	6	8	0	30	45	0.09	7.75	0.4	0.4	6	8	2	0	1100	2.70E+04	443939	438.909	56	63	240
366	3	6	1	30	35	0.09	8	0.2	0.8	15.5	8	5	6	1000	4.10E+04	382588	400.06	21	28	230
367	3	3	0	30	40	0.21	15.5	0.3	0.8	16	16	8	4	1400	3.90E+04	527478	397.614	12	16	120
368	4	4	0	25	35	0.17	11.62	0.2	0.4	12	6	4	6	1200	2.80E+04	403560	374.57	20	25	160
369	6	3	0	20	50	0.13	7.75	0.2	0.8	16	19	0	0	1200	4.30E+04	500439	491.068	21	28	240
370	7	2	1	35	50	0.17	24	0.2	0.5	6.64	15	6	0	1100	3.50E+04	493339	483.64	21	24	78
371	7	5	1	35	50	0.17	9.6	0.2	0.9	6.64	20	8	6	1300	6.20E+04	597617	501.658	42	48	190
372	3	4	1	30	45	0.26	12	0.35	0.4	15.5	13	10	4	1600	4.70E+04	672566	436.241	15	20	160
373	3	4	1	25	40	0.2	12	0.2	0.8	15.5	14	8	4	1300	4.50E+04	495882	404.972	15	20	160
374	3	5	1	30	50	0.2	9.6	0.2	0.8	15.5	8	6	2	1400	3.30E+04	589903	474.416	18	24	190
375	3	7	0	20	50	0.09	15.5	0.2	0.8	6.86	13	6	2	910	2.70E+04	362499	488.207	28	32	120
376	4	3	1	30	50	0.26	16	0.2	0.6	11.62	16	4	6	1600	4.00E+04	691317	473.321	16	20	120
377	5	3	0	25	35	0.09	9.3	0.2	0.7	16	16	2	4	970	3.90E+04	345896	400.989	18	24	200
378	3	3	1	20	50	0.09	16	0.3	0.8	15.5	8	6	6	970	3.40E+04	397802	493.467	12	16	120
379	5	2	1	30	40	0.17	24	0.2	0.4	9.3	13	12	2	1100	2.20E+04	411708	389.953	15	18	78
380	2	4	0	30	45	0.26	23.25	0.3	0.7	12	5	4	4	1600	4.50E+04	648501	436.082	12	15	80
381	6	1	1	35	35	0.17	48	0.4	0.4	7.75	13	6	2	1100	3.00E+04	408131	378.232	12	14	39
382	3	3	0	35	40	0.21	15.5	0.3	0.6	16	15	2	0	1300	3.40E+04	513238	394.537	12	16	120
383	1	7	0	25	40	0.26	46.5	0.2	0.7	6.86	6	2	2	1500	2.70E+04	542509	385.244	14	16	40
384	8	2	1	20	45	0.17	24	0.25	0.5	5.81	15	8	4	1100	3.00E+04	439982	437.358	24	27	78
385	2	6	1	25	35	0.17	8	0.35	0.6	23.25	14	4	0	1400	4.00E+04	497739	378.885	14	21	230



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ESTRUTURAS



INDIVÍDUO	NX	NY	DL	FCKCML	FCKCP M	HL	LLJ	HV	BV	LLV	NA	NB	NPT	Volume Concreto (m³)	Peso de Aço (kg)	EMISSÃO DE CO ₂		QDV	QDP	QDL
																Total	Emissão/m³			
386	7	2	1	20	45	0.13	24	0.4	0.5	6.64	15	2	2	1100	2.60E+04	401224	436.91	21	24	78
387	3	5	1	35	50	0.17	9.6	0.2	0.9	15.5	5	0	4	1300	3.20E+04	567650	475.48	18	24	190
388	2	6	1	25	40	0.21	8	0.3	0.8	23.25	19	8	4	1600	5.40E+04	591274	403.651	14	21	230
389	1	6	0	25	50	0.2	46.5	0.3	0.6	8	17	2	0	1200	2.80E+04	500603	473.437	12	14	40
390	7	1	1	25	35	0.26	48	0.4	0.8	6.64	16	4	6	1600	3.10E+04	544146	366.956	14	16	39
391	3	2	1	20	35	0.17	24	0.4	0.5	15.5	7	0	4	1200	2.70E+04	397716	373.164	9	12	78
392	3	3	0	30	45	0.09	15.5	0.25	0.8	16	20	12	4	950	3.70E+04	386867	459.208	12	16	120
393	1	6	0	25	35	0.17	46.5	0.35	0.4	8	8	3	4	1100	3.60E+04	390430	384.843	12	14	40
394	3	8	0	25	50	0.09	15.5	0.4	0.8	6	21	4	0	1000	3.60E+04	432422	491.106	32	36	120
395	2	6	1	35	40	0.09	8	0.3	0.8	23.25	14	10	2	1100	3.80E+04	442193	409.014	14	21	230
396	7	4	0	20	35	0.09	6.64	0.25	0.4	12	13	4	6	1000	4.10E+04	350783	402.6	32	40	280
397	2	8	0	25	50	0.13	23.25	0.2	0.8	6	21	14	0	1000	4.20E+04	440823	497.643	24	27	80
398	8	1	1	20	40	0.26	48	0.4	0.5	5.81	8	6	6	1500	4.50E+04	560184	397.319	16	18	39
399	3	4	1	35	50	0.21	12	0.2	0.9	15.5	6	2	0	1400	5.00E+04	630267	485.528	15	20	160
400	3	3	0	20	40	0.2	15.5	0.3	0.4	16	12	5	6	1300	3.50E+04	452316	399.155	12	16	120
401	8	3	1	25	50	0.09	16	0.4	0.8	5.81	12	10	6	1000	2.80E+04	422691	482.669	32	36	120
402	3	2	1	35	45	0.09	24	0.35	0.7	15.5	17	2	6	920	1.80E+04	364491	433.886	9	12	78
403	7	2	1	25	50	0.13	24	0.25	0.7	6.64	15	12	2	1000	3.50E+04	433656	488.421	21	24	78
404	8	1	1	30	40	0.26	48	0.25	0.6	5.81	14	3	4	1500	2.90E+04	560124	386.459	16	18	39
405	1	6	0	20	40	0.17	46.5	0.2	0.9	8	18	4	6	1100	2.70E+04	396519	395.328	12	14	40
406	8	3	1	20	45	0.09	16	0.35	0.6	5.81	17	6	0	960	2.80E+04	360966	446.041	32	36	120
407	2	6	1	30	40	0.26	8	0.4	0.5	23.25	8	6	2	1800	4.40E+04	680117	391.35	14	21	230
408	1	6	0	30	40	0.2	46.5	0.25	0.5	8	15	2	2	1200	3.10E+04	440276	397.197	12	14	40
409	2	8	0	20	35	0.13	23.25	0.25	0.9	6	12	7	4	1100	3.90E+04	373621	391.002	24	27	80
410	4	3	0	35	45	0.13	11.62	0.2	0.7	16	19	4	4	1100	4.10E+04	459665	452.87	15	20	160
411	6	7	1	30	40	0.09	6.86	0.2	0.6	7.75	17	2	4	1000	4.10E+04	396970	421.054	48	56	270
412	4	3	1	35	45	0.09	16	0.2	0.4	11.62	13	4	0	880	2.30E+04	353845	443.411	16	20	120
413	1	7	0	20	40	0.21	46.5	0.2	0.8	6.86	16	4	2	1200	3.40E+04	448218	396.949	14	16	40
414	1	6	0	30	50	0.26	46.5	0.2	0.9	8	20	10	6	1500	2.70E+04	654135	464.898	12	14	40
415	1	6	0	30	50	0.17	46.5	0.3	0.6	8	8	7	2	1100	2.20E+04	474611	469.402	12	14	40
416	2	4	1	25	50	0.09	12	0.4	0.5	23.25	15	12	6	1000	3.50E+04	420256	491.945	10	15	160
417	3	2	0	35	35	0.13	15.5	0.4	0.8	24	18	6	4	1200	3.20E+04	432821	379.262	8	12	120
418	3	2	1	25	40	0.09	24	0.35	0.4	15.5	13	8	0	870	2.20E+04	306938	402.305	9	12	78
419	3	2	1	20	35	0.09	24	0.25	0.9	15.5	17	10	2	900	2.90E+04	305432	390.823	9	12	78
420	2	7	0	35	45	0.09	23.25	0.3	0.8	6.86	17	0	4	930	2.60E+04	376201	444.709	21	24	80



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
 ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
 DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ESTRUTURAS



INDIVÍDUO	NX	NY	DL	FCKCML	FCKCP M	HL	LLJ	HV	BV	LLV	NA	NB	NPT	Volume Concreto (m³)	Peso de Aço (kg)	EMISSÃO DE CO ₂		QDV	QDP	QDL
																Total	Emissão/m³			
421	5	7	1	35	40	0.09	6.86	0.35	0.4	9.3	13	6	2	1100	3.40E+04	416453	408.762	40	48	270
422	2	8	0	25	50	0.13	23.25	0.2	0.5	6	13	4	2	1000	2.80E+04	415403	481.8	24	27	80
423	1	7	0	20	35	0.2	46.5	0.3	0.8	6.86	18	10	0	1200	3.50E+04	423824	378.516	14	16	40
424	1	8	0	25	40	0.21	46.5	0.2	0.8	6	12	10	0	1300	2.70E+04	452519	390.943	16	18	40
425	1	7	0	30	35	0.21	46.5	0.2	0.8	6.86	8	2	6	1200	3.20E+04	449573	375.576	14	16	40
426	7	3	0	20	35	0.26	6.64	0.3	0.4	16	13	10	6	1700	6.10E+04	620421	383.35	24	32	280
427	2	3	0	25	50	0.13	23.25	0.3	0.8	16	8	6	4	1100	3.00E+04	440580	481.437	9	12	80
428	8	1	1	25	40	0.21	48	0.3	0.6	5.81	16	12	0	1300	5.60E+04	476574	415.979	16	18	39
429	5	2	0	25	50	0.26	9.3	0.35	0.8	24	14	5	2	1800	4.40E+04	795520	471.081	12	18	200
430	2	8	0	25	40	0.09	23.25	0.3	0.6	6	15	4	2	910	2.10E+04	320731	398.382	24	27	80
431	1	4	0	30	35	0.21	46.5	0.4	0.5	12	15	4	4	1200	3.10E+04	446593	374.8	8	10	40
432	7	3	0	30	50	0.13	6.64	0.2	0.7	16	10	8	4	1200	4.60E+04	535099	494.445	24	32	280
433	3	3	0	25	50	0.13	15.5	0.2	0.9	16	13	4	0	1100	3.10E+04	450648	482.629	12	16	120
434	1	5	0	30	45	0.13	46.5	0.3	0.8	9.6	10	3	2	1000	2.10E+04	396680	432.145	10	12	40
435	8	1	1	30	50	0.26	48	0.2	0.4	5.81	14	13	4	1500	3.10E+04	642368	468.705	16	18	39
436	7	4	0	35	35	0.17	6.64	0.3	0.4	12	12	10	4	1300	5.70E+04	502484	397.072	32	40	280
437	3	3	0	30	45	0.09	15.5	0.2	0.9	16	10	6	4	930	2.90E+04	373391	449.876	12	16	120
438	4	7	1	25	45	0.17	6.86	0.2	0.8	11.62	10	8	0	1400	4.30E+04	539981	444.228	32	40	270
439	1	4	0	20	45	0.17	46.5	0.35	0.8	12	8	7	4	1100	3.20E+04	440161	438.941	8	10	40
440	4	3	0	20	50	0.26	11.62	0.2	0.5	16	15	4	4	1600	4.60E+04	682714	476.839	15	20	160
441	7	4	0	30	35	0.26	6.64	0.25	0.4	12	14	13	4	1700	7.50E+04	632760	393.623	32	40	280
442	2	6	1	30	40	0.17	8	0.25	0.6	23.25	15	6	2	1300	3.80E+04	500226	400.165	14	21	230
443	7	3	0	20	40	0.21	6.64	0.3	0.4	16	13	6	4	1500	6.40E+04	554052	414.87	24	32	280
444	5	2	0	20	50	0.21	9.3	0.3	0.8	24	6	4	2	1500	3.80E+04	642595	473.786	12	18	200
445	4	3	0	30	40	0.21	11.62	0.2	0.4	16	6	0	0	1300	2.90E+04	486262	391.539	15	20	160
446	6	8	1	20	35	0.21	6	0.2	0.4	7.75	6	5	4	1400	5.80E+04	513434	393.151	54	63	310
447	6	2	0	35	35	0.26	7.75	0.25	0.8	24	7	0	6	1800	5.50E+04	669195	377.861	14	21	240
448	4	7	1	25	35	0.26	6.86	0.3	0.6	11.62	12	7	4	1800	4.90E+04	638379	375.067	32	40	270
449	6	1	1	30	45	0.2	48	0.2	0.5	7.75	8	4	6	1200	2.90E+04	466458	435.218	12	14	39
450	7	5	0	30	40	0.2	6.64	0.3	0.5	9.6	15	8	0	1500	4.30E+04	553611	400.118	40	48	280
451	7	4	0	25	35	0.26	6.64	0.3	0.5	12	12	8	6	1800	5.60E+04	632620	379.932	32	40	280
452	3	2	0	35	40	0.2	15.5	0.4	0.6	24	17	4	2	1300	3.60E+04	509881	396.505	8	12	120
453	1	6	0	25	50	0.26	46.5	0.25	0.4	8	13	4	2	1500	3.10E+04	626703	468.655	12	14	40
454	1	4	0	30	50	0.21	46.5	0.35	0.7	12	14	14	6	1300	3.10E+04	542936	473.623	8	10	40
455	4	1	1	25	45	0.2	48	0.3	0.8	11.62	6	4	4	1200	2.40E+04	464749	429.025	8	10	39



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ESTRUTURAS



INDIVÍDUO	NX	NY	DL	FCKCML	FCKCP M	HL	LLJ	HV	BV	LLV	NA	NB	NPT	Volume Concreto (m³)	Peso de Aço (kg)	EMISSÃO DE CO ₂		QDV	QDP	QDL
																Total	Emissão/m³			
456	2	4	1	30	45	0.13	12	0.3	0.8	23.25	8	7	0	1200	3.10E+04	471406	438.476	10	15	160
457	1	4	0	35	35	0.09	46.5	0.4	0.7	12	16	2	2	870	2.10E+04	317065	378.524	8	10	40
458	5	8	1	25	40	0.13	6	0.2	0.6	9.3	17	6	0	1200	4.60E+04	451794	414.782	45	54	310
459	2	8	0	35	45	0.09	23.25	0.3	0.4	6	13	8	2	880	2.00E+04	352416	438.756	24	27	80
460	2	5	1	25	45	0.13	9.6	0.25	0.8	23.25	15	4	4	1200	3.50E+04	467005	441.853	12	18	190
461	6	1	1	30	50	0.13	48	0.2	0.9	7.75	14	6	2	990	3.00E+04	422612	484.243	12	14	39
462	8	1	1	30	35	0.2	48	0.4	0.5	5.81	7	6	6	1200	5.10E+04	454587	394.179	16	18	39
463	5	8	1	20	50	0.09	6	0.25	0.4	9.3	13	4	0	1000	4.20E+04	435307	501.432	45	54	310
464	7	1	1	25	40	0.17	48	0.4	0.8	6.64	13	6	0	1200	1.80E+04	414900	384.19	14	16	39
465	4	8	1	25	35	0.17	6	0.35	0.4	11.62	13	2	4	1400	4.00E+04	493591	380.422	36	45	310
466	6	7	1	25	35	0.21	6.86	0.25	0.8	7.75	6	5	0	1600	4.70E+04	561765	379.782	48	56	270
467	1	8	0	35	35	0.21	46.5	0.2	0.4	6	10	4	4	1200	2.90E+04	443807	373.276	16	18	40
468	8	2	1	20	45	0.09	24	0.4	0.4	5.81	13	10	2	900	3.00E+04	342765	451.664	24	27	78
469	1	4	0	20	35	0.21	46.5	0.25	0.8	12	13	4	0	1200	3.60E+04	429199	378.732	8	10	40
470	2	8	0	25	35	0.09	23.25	0.4	0.4	6	14	3	2	910	2.50E+04	313233	384.277	24	27	80
471	6	1	1	35	50	0.09	48	0.3	0.6	7.75	8	4	4	850	2.30E+04	361392	484.845	12	14	39
472	3	2	1	20	50	0.17	24	0.25	0.7	15.5	16	6	0	1200	2.80E+04	471840	475.33	9	12	78
473	6	7	1	30	50	0.13	6.86	0.35	0.4	7.75	6	0	0	1200	3.70E+04	541117	483.625	48	56	270
474	3	2	1	20	45	0.26	24	0.25	0.7	15.5	19	4	2	1500	3.20E+04	602182	427.916	9	12	78
475	8	5	0	30	35	0.09	5.81	0.2	0.8	9.6	13	2	0	1100	4.80E+04	421006	403.385	45	54	320
476	6	8	1	35	40	0.09	6	0.25	0.5	7.75	15	14	2	1100	5.00E+04	434083	427.668	54	63	310
477	7	6	0	35	50	0.21	6.64	0.25	0.5	8	15	8	6	1500	4.60E+04	659026	481.767	48	56	280
478	7	6	0	30	40	0.21	6.64	0.35	0.5	8	6	0	0	1600	3.80E+04	588487	393.911	48	56	280
479	6	7	1	30	45	0.26	6.86	0.2	0.8	7.75	15	4	6	1800	4.50E+04	732835	433.236	48	56	270
480	6	2	0	30	40	0.26	7.75	0.2	0.8	24	16	6	0	1800	6.30E+04	677470	404.038	14	21	240
481	6	7	1	20	35	0.26	6.86	0.25	0.7	7.75	18	14	2	1800	6.90E+04	651950	386.311	48	56	270
482	6	7	1	20	45	0.17	6.86	0.4	0.4	7.75	8	5	4	1400	4.70E+04	560484	444.924	48	56	270
483	7	6	0	30	35	0.13	6.64	0.25	0.8	8	12	7	0	1300	5.70E+04	491892	399.023	48	56	280
484	8	3	0	25	45	0.13	5.81	0.25	0.5	16	14	4	6	1200	5.30E+04	490638	461.436	27	36	320
485	4	8	1	35	45	0.13	6	0.3	0.4	11.62	7	0	6	1200	4.30E+04	508590	450.435	36	45	310
486	2	3	0	35	45	0.17	23.25	0.25	0.7	16	6	6	2	1200	3.40E+04	474099	441.067	9	12	80
487	2	3	0	30	40	0.2	23.25	0.2	0.8	16	10	8	0	1200	4.70E+04	472128	410.513	9	12	80
488	6	7	1	30	35	0.2	6.86	0.25	0.8	7.75	10	8	0	1500	6.10E+04	571247	391.765	48	56	270
489	8	4	0	25	45	0.09	5.81	0.2	0.7	12	19	6	2	1100	5.70E+04	440261	476.959	36	45	320
490	2	7	1	25	50	0.17	6.86	0.2	0.6	23.25	17	12	6	1300	6.70E+04	586657	505.92	16	24	270



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ESTRUTURAS



INDIVÍDUO	NX	NY	DL	FCKCML	FCKCP M	HL	LLJ	HV	BV	LLV	NA	NB	NPT	Volume Concreto (m³)	Peso de Aço (kg)	EMISSÃO DE CO ₂		QDV	QDP	QDL
																Total	Emissão/m³			
491	1	4	0	20	35	0.26	46.5	0.3	0.6	12	7	0	4	1500	2.30E+04	506760	362.578	8	10	40
492	3	7	1	35	40	0.2	6.86	0.35	0.7	15.5	18	4	0	1600	4.80E+04	615153	399.657	24	32	270
493	8	1	1	30	50	0.21	48	0.25	0.7	5.81	8	8	0	1300	4.50E+04	553816	486.336	16	18	39
494	7	1	1	30	50	0.17	48	0.35	0.8	6.64	14	0	6	1200	3.00E+04	498619	476.582	14	16	39
495	8	4	0	20	40	0.17	5.81	0.2	0.8	12	20	8	2	1400	5.10E+04	521301	409.353	36	45	320
496	1	4	0	35	45	0.17	46.5	0.3	0.7	12	10	5	2	1100	2.70E+04	453321	435.137	8	10	40
497	6	7	1	35	50	0.2	6.86	0.3	0.5	7.75	15	6	0	1500	4.70E+04	652435	482.99	48	56	270
498	6	7	1	30	40	0.13	6.86	0.4	0.6	7.75	4	3	0	1400	3.70E+04	518563	398.537	48	56	270
499	8	2	1	25	45	0.09	24	0.2	0.8	5.81	8	4	0	890	1.90E+04	333398	436.974	24	27	78
500	7	3	0	20	45	0.2	6.64	0.3	0.7	16	18	6	4	1600	4.80E+04	618482	441.469	24	32	280
501	7	5	0	25	50	0.17	6.64	0.2	0.7	9.6	18	12	4	1300	6.10E+04	591008	499.972	40	48	280
502	7	6	0	35	40	0.13	6.64	0.3	0.7	8	18	10	2	1300	5.60E+04	5.25E+05	416.459	48	56	280
503	1	5	0	35	50	0.13	46.5	0.25	0.6	9.6	17	6	6	970	1.80E+04	413080	469.459	10	12	40
504	7	4	0	25	50	0.2	6.64	0.2	0.7	12	19	0	6	1400	6.20E+04	625614	496.481	32	40	280
505	2	8	1	30	35	0.26	6	0.2	0.6	23.25	17	6	6	1800	7.10E+04	664036	388.721	18	27	310
506	2	2	1	25	45	0.17	24	0.4	0.8	23.25	10	5	6	1200	3.60E+04	481821	440.643	6	9	78
507	8	4	0	20	45	0.2	5.81	0.2	0.7	12	19	4	0	1500	5.60E+04	589683	450.393	36	45	320
508	1	8	0	35	50	0.17	46.5	0.35	0.8	6	14	12	4	1200	3.10E+04	511200	477.119	16	18	40
509	1	8	0	30	35	0.17	46.5	0.25	0.8	6	16	12	0	1100	3.00E+04	411205	377.441	16	18	40
510	4	1	1	35	35	0.13	48	0.3	0.6	11.62	6	6	2	980	3.00E+04	360865	385.688	8	10	39
511	8	6	0	30	50	0.17	5.81	0.25	0.4	8	13	4	6	1300	5.30E+04	600847	492.833	54	63	320
512	4	7	1	25	35	0.2	6.86	0.35	0.8	11.62	4	3	2	1600	4.10E+04	572084	374.313	32	40	270
513	8	5	0	30	40	0.26	5.81	0.25	0.6	9.6	17	6	0	1800	5.00E+04	692360	395.938	45	54	320
514	7	1	1	35	50	0.17	48	0.2	0.8	6.64	12	10	6	1100	2.40E+04	482128	472.167	14	16	39
515	3	7	1	30	50	0.2	6.86	0.2	0.8	15.5	21	10	0	1500	7.30E+04	668066	502.874	24	32	270
516	4	7	1	25	45	0.2	6.86	0.25	0.8	11.62	8	7	4	1500	6.10E+04	615590	452.227	32	40	270
517	4	1	1	20	40	0.21	48	0.2	0.9	11.62	6	5	4	1200	4.30E+04	449745	405.824	8	10	39
518	8	1	1	25	40	0.17	48	0.2	0.6	5.81	17	4	0	1100	2.10E+04	393705	388.439	16	18	39
519	1	5	0	35	50	0.13	46.5	0.2	0.9	9.6	15	6	0	990	3.00E+04	427420	484.434	10	12	40
520	5	8	1	35	45	0.17	6	0.25	0.6	9.3	16	14	2	1400	5.10E+04	588674	448.714	45	54	310
521	2	2	1	25	35	0.2	24	0.35	0.8	23.25	8	6	0	1300	4.90E+04	460094	389.626	6	9	78
522	8	1	1	25	50	0.2	48	0.2	0.9	5.81	13	12	6	1200	4.40E+04	519037	487.625	16	18	39
523	1	4	0	25	40	0.13	46.5	0.3	0.5	12	15	4	4	970	2.80E+04	348572	403.392	8	10	40
524	5	8	1	20	45	0.21	6	0.2	0.7	9.3	4	3	2	1500	5.30E+04	609004	445.984	45	54	310
525	8	5	0	30	40	0.13	5.81	0.4	0.4	9.6	13	12	2	1300	4.50E+04	509715	407.548	45	54	320



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ESTRUTURAS



INDIVÍDUO	NX	NY	DL	FCKCML	FCKCP M	HL	LLJ	HV	BV	LLV	NA	NB	NPT	Volume Concreto (m³)	Peso de Aço (kg)	EMISSÃO DE CO ₂		QDV	QDP	QDL
																Total	Emissão/m³			
526	3	3	0	25	50	0.21	15.5	0.2	0.4	16	13	4	4	1300	3.00E+04	531790	473.701	12	16	120
527	2	6	1	35	50	0.09	8	0.2	0.8	23.25	14	13	4	1000	4.20E+04	460786	500.992	14	21	230
528	2	3	0	25	50	0.09	23.25	0.25	0.5	16	15	8	6	850	2.20E+04	342650	483.221	9	12	80
529	8	6	0	30	50	0.21	5.81	0.2	0.6	8	7	0	4	1500	3.60E+04	658372	473.982	54	63	320
530	5	8	1	25	40	0.26	6	0.35	0.5	9.3	12	3	2	1900	4.80E+04	690358	393.48	45	54	310
531	1	3	0	30	35	0.09	46.5	0.4	0.7	16	19	6	2	870	2.10E+04	308196	379.751	6	8	40
532	8	6	0	25	40	0.2	5.81	0.2	0.6	8	17	10	6	1500	7.50E+04	566154	424.861	54	63	320
533	3	2	1	20	35	0.17	24	0.2	0.5	15.5	15	12	2	1100	2.90E+04	377213	377.781	9	12	78
534	3	8	1	20	50	0.13	6	0.25	0.7	15.5	13	12	0	1300	5.80E+04	548162	502.032	27	36	310
535	7	4	0	35	35	0.21	6.64	0.25	0.8	12	19	6	4	1600	8.60E+04	612568	406.446	32	40	280
536	3	1	1	30	45	0.13	48	0.4	0.8	15.5	6	3	0	1000	2.90E+04	408131	441.574	6	8	39
537	2	2	0	20	40	0.09	23.25	0.35	0.6	24	17	6	0	890	2.00E+04	307226	397.388	6	9	80
538	4	2	0	20	50	0.21	11.62	0.3	0.5	24	8	2	2	1400	3.10E+04	569458	471.975	10	15	160
539	8	5	0	20	35	0.13	5.81	0.35	0.6	9.6	17	2	0	1400	5.40E+04	494746	392.454	45	54	320
540	3	2	0	35	40	0.21	15.5	0.3	0.6	24	14	5	2	1300	3.20E+04	506326	393.278	8	12	120
541	4	8	1	30	40	0.17	6	0.3	0.8	11.62	8	0	0	1500	3.90E+04	578236	395.438	36	45	310
542	7	6	0	25	50	0.2	6.64	0.25	0.8	8	16	6	0	1500	5.60E+04	672346	487.402	48	56	280
543	2	2	0	30	45	0.17	23.25	0.4	0.7	24	7	0	4	1200	1.90E+04	476292	424.918	6	9	80
544	8	4	0	20	50	0.2	5.81	0.2	0.7	12	17	6	2	1500	5.90E+04	635341	492.231	36	45	320
545	2	3	1	25	40	0.21	16	0.35	0.4	23.25	13	2	2	1300	4.60E+04	485640	406.604	8	12	120
546	3	2	1	25	45	0.26	24	0.2	0.6	15.5	12	7	4	1500	3.50E+04	598266	430.96	9	12	78
547	2	3	1	25	50	0.2	16	0.3	0.6	23.25	8	6	4	1300	2.70E+04	535737	471.159	8	12	120
548	6	8	1	35	35	0.26	6	0.3	0.7	7.75	19	6	6	1900	7.20E+04	724926	385.675	54	63	310
549	3	1	1	30	35	0.17	48	0.3	0.8	15.5	6	5	6	1100	2.20E+04	395524	369.004	6	8	39
550	1	8	0	35	50	0.17	46.5	0.4	0.5	6	15	12	6	1100	2.60E+04	496237	473.26	16	18	40
551	2	6	1	35	45	0.2	8	0.2	0.4	23.25	10	6	2	1300	5.20E+04	551277	452.335	14	21	230
552	5	7	1	20	40	0.26	6.86	0.4	0.8	9.3	18	0	2	2000	6.40E+04	750770	398.8	40	48	270
553	3	7	1	25	40	0.26	6.86	0.4	0.8	15.5	21	8	4	2000	7.60E+04	772493	404.639	24	32	270
554	6	8	1	35	45	0.26	6	0.4	0.5	7.75	13	6	2	1900	5.30E+04	800839	435.163	54	63	310
555	2	3	1	20	35	0.17	16	0.2	0.8	23.25	15	4	4	1200	4.10E+04	413331	388.199	8	12	120
556	2	4	1	35	45	0.26	12	0.25	0.5	23.25	15	10	2	1600	4.90E+04	664410	438.318	10	15	160
557	7	3	0	20	40	0.17	6.64	0.3	0.5	16	5	0	2	1400	2.30E+04	487351	386.478	24	32	280
558	8	6	0	20	50	0.2	5.81	0.25	0.7	8	12	7	2	1600	5.80E+04	674461	488.211	54	63	320
559	1	4	0	35	40	0.2	46.5	0.25	0.4	12	3	0	6	1100	2.40E+04	431528	390.561	8	10	40
560	7	5	0	25	45	0.21	6.64	0.4	0.8	9.6	16	10	0	1800	6.00E+04	719054	442.998	40	48	280



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ESTRUTURAS



INDIVÍDUO	NX	NY	DL	FCKCML	FCKCP M	HL	LLJ	HV	BV	LLV	NA	NB	NPT	Volume Concreto (m³)	Peso de Aço (kg)	EMISSÃO DE CO ₂		QDV	QDP	QDL
																Total	Emissão/m³			
561	6	8	1	30	35	0.26	6	0.35	0.8	7.75	12	5	2	2000	6.70E+04	752747	380.399	54	63	310
562	8	6	0	30	45	0.17	5.81	0.3	0.7	8	17	10	0	1500	7.40E+04	651981	461.298	54	63	320
563	8	3	0	20	50	0.21	5.81	0.35	0.6	16	17	6	2	1700	6.50E+04	733050	488.823	27	36	320
564	8	3	0	20	45	0.17	5.81	0.3	0.8	16	14	13	2	1600	7.60E+04	647945	460.518	27	36	320
565	3	1	1	35	45	0.09	48	0.35	0.6	15.5	13	6	6	840	2.30E+04	336099	443.908	6	8	39
566	3	2	0	35	40	0.17	15.5	0.3	0.4	24	8	7	6	1200	2.70E+04	438532	394.07	8	12	120
567	2	7	1	25	35	0.2	6.86	0.2	0.8	23.25	16	12	0	1500	7.00E+04	544899	399.801	16	24	270
568	6	8	1	35	50	0.13	6	0.3	0.8	7.75	13	8	4	1400	6.80E+04	650032	502.794	54	63	310
569	5	8	1	35	35	0.2	6	0.35	0.7	9.3	19	2	0	1700	8.40E+04	640590	401.981	45	54	310
570	8	5	0	35	35	0.26	5.81	0.4	0.8	9.6	7	0	4	2100	5.30E+04	774822	371.85	45	54	320
571	2	4	1	30	45	0.26	12	0.25	0.4	23.25	13	10	4	1600	4.00E+04	639504	432.747	10	15	160
572	6	8	1	35	50	0.21	6	0.4	0.6	7.75	17	0	4	1700	6.20E+04	778801	485.876	54	63	310
573	2	2	1	30	40	0.2	24	0.3	0.6	23.25	13	10	2	1200	5.60E+04	477548	418.713	6	9	78
574	8	5	0	35	40	0.26	5.81	0.4	0.8	9.6	7	4	2	2100	5.30E+04	809423	391.812	45	54	320
575	1	4	0	25	35	0.09	46.5	0.2	0.5	12	15	6	0	800	2.00E+04	272108	381.797	8	10	40
576	1	8	0	25	50	0.13	46.5	0.35	0.8	6	14	4	0	1000	3.70E+04	438682	490.003	16	18	40
577	8	6	0	25	50	0.21	5.81	0.35	0.8	8	12	10	4	1800	6.70E+04	790592	486.509	54	63	320
578	3	7	1	25	45	0.2	6.86	0.35	0.8	15.5	6	3	4	1600	5.80E+04	669162	444.903	24	32	270
579	3	8	1	20	50	0.26	6	0.4	0.8	15.5	20	2	2	2100	6.80E+04	926999	479.634	27	36	310
580	2	2	0	20	45	0.2	23.25	0.35	0.4	24	4	3	2	1200	2.60E+04	461370	431.415	6	9	80
581	2	2	1	35	50	0.2	24	0.3	0.6	23.25	17	10	4	1200	5.30E+04	552049	495.876	6	9	78
582	2	8	1	25	35	0.17	6	0.3	0.7	23.25	14	10	2	1500	5.60E+04	538975	389.322	18	27	310
583	8	2	0	20	50	0.09	5.81	0.25	0.5	24	15	12	6	1100	5.80E+04	458751	517.838	18	27	320
584	7	1	1	35	40	0.09	48	0.3	0.8	6.64	18	8	6	870	2.00E+04	327660	398.207	14	16	39
585	8	4	0	20	45	0.21	5.81	0.3	0.7	12	3	2	6	1600	6.30E+04	6.67E+05	448.684	36	45	320
586	8	3	0	35	45	0.26	5.81	0.4	0.8	16	14	4	0	2100	6.80E+04	897267	439.215	27	36	320
587	8	5	0	30	40	0.2	5.81	0.4	0.8	9.6	20	2	2	1800	8.10E+04	707044	414.505	45	54	320
588	2	2	1	25	50	0.26	24	0.25	0.9	23.25	10	6	2	1600	3.50E+04	669177	469.946	6	9	78
589	2	2	0	30	40	0.09	23.25	0.25	0.6	24	14	14	0	860	2.00E+04	313798	399	6	9	80
590	2	1	1	20	35	0.2	48	0.35	0.8	23.25	16	4	6	1200	2.50E+04	407595	369.967	4	6	39
591	2	2	0	30	35	0.26	23.25	0.2	0.9	24	18	6	6	1500	3.90E+04	558195	372.844	6	9	80
592	4	7	1	30	50	0.17	6.86	0.25	0.9	11.62	13	6	2	1500	5.80E+04	648254	492.492	32	40	270
593	1	4	1	30	45	0.09	12	0.4	0.8	46.5	16	12	6	1100	3.90E+04	439749	451.613	5	10	160
594	1	8	0	35	40	0.09	46.5	0.2	0.5	6	15	14	2	840	2.00E+04	313383	399.566	16	18	40
595	2	8	1	30	50	0.17	6	0.2	0.6	23.25	17	2	0	1300	4.20E+04	584405	484.292	18	27	310



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ESTRUTURAS



INDIVÍDUO	NX	NY	DL	FCKCML	FCKCP M	HL	LLJ	HV	BV	LLV	NA	NB	NPT	Volume Concreto (m³)	Peso de Aço (kg)	EMISSÃO DE CO ₂		QDV	QDP	QDL
																Total	Emissão/m³			
596	7	1	1	30	45	0.09	48	0.35	0.4	6.64	14	7	4	850	1.50E+04	327122	431.64	14	16	39
597	1	3	0	25	40	0.13	46.5	0.25	0.4	16	13	12	6	940	2.90E+04	338909	405.869	6	8	40
598	1	2	0	20	35	0.26	46.5	0.35	0.8	24	18	6	6	1500	4.90E+04	536899	379.705	4	6	40
599	5	8	1	35	45	0.21	6	0.2	0.9	9.3	17	10	6	1600	9.50E+04	702214	472.253	45	54	310
600	1	2	0	25	40	0.2	46.5	0.3	0.8	24	18	2	2	1200	2.80E+04	430042	393.101	4	6	40
601	8	3	0	30	50	0.13	5.81	0.25	0.7	16	4	3	0	1300	3.50E+04	557065	480.639	27	36	320
602	2	1	1	25	40	0.09	48	0.3	0.7	23.25	17	14	6	830	2.00E+04	289962	400.398	4	6	39
603	7	2	0	25	40	0.13	6.64	0.3	0.8	24	18	4	6	1400	5.50E+04	518520	413.431	16	24	280
604	1	6	1	20	40	0.13	8	0.3	0.5	46.5	12	7	6	1200	3.20E+04	417770	400.076	7	14	230
605	1	6	1	35	35	0.26	8	0.35	0.5	46.5	15	10	0	1700	6.60E+04	654821	385.721	7	14	230
606	1	3	1	20	45	0.2	16	0.4	0.8	46.5	17	2	4	1400	3.90E+04	537450	438.079	4	8	120
607	5	1	0	20	45	0.26	9.3	0.4	0.6	48	17	6	2	1800	5.10E+04	710155	435.841	6	12	200
608	1	6	1	20	45	0.21	8	0.25	0.9	46.5	6	0	0	1500	4.50E+04	607169	439.066	7	14	230
609	2	1	1	25	50	0.21	48	0.35	0.6	23.25	8	0	0	1200	2.10E+04	506967	465.027	4	6	39
610	2	2	0	25	35	0.21	23.25	0.2	0.4	24	14	13	2	1200	3.20E+04	423039	376.991	6	9	80
611	1	5	1	20	45	0.21	9.6	0.25	0.9	46.5	8	6	4	1500	4.00E+04	578627	436.785	6	12	190
612	5	1	0	35	40	0.13	9.3	0.3	0.6	48	17	2	4	1200	2.90E+04	441580	397.504	6	12	200
613	5	1	0	30	50	0.17	9.3	0.3	0.8	48	5	4	0	1400	2.70E+04	584876	469.27	6	12	200
614	1	2	0	35	50	0.26	46.5	0.35	0.7	24	6	6	6	1500	2.70E+04	658259	465.055	4	6	40
615	8	2	0	35	50	0.17	5.81	0.3	0.7	24	13	6	6	1500	4.70E+04	672114	482.458	18	27	320
616	8	2	0	30	40	0.21	5.81	0.3	0.8	24	15	2	6	1700	5.50E+04	651885	402.379	18	27	320
617	7	2	0	25	40	0.09	6.64	0.2	0.8	24	20	0	6	1100	4.30E+04	394718	420.974	16	24	280
618	6	1	0	35	45	0.26	7.75	0.25	0.8	48	19	0	0	1800	6.00E+04	749478	441.22	7	14	240
619	1	2	0	30	45	0.17	46.5	0.35	0.4	24	7	6	6	1100	2.90E+04	431768	438.154	4	6	40
620	3	1	0	20	35	0.26	15.5	0.35	0.7	48	14	12	6	1600	3.60E+04	566692	369.31	4	8	120
621	1	2	1	30	40	0.09	24	0.35	0.8	46.5	10	0	2	910	1.90E+04	333382	394.942	3	6	78
622	2	1	1	25	45	0.09	48	0.25	0.5	23.25	15	2	0	800	1.60E+04	293755	434.806	4	6	39
623	1	5	1	20	50	0.26	9.6	0.2	0.9	46.5	20	12	2	1700	4.90E+04	728312	476.825	6	12	190
624	3	1	0	20	40	0.09	15.5	0.25	0.8	48	18	12	0	920	2.80E+04	323401	408.811	4	8	120
625	2	1	1	35	40	0.13	48	0.25	0.5	23.25	6	0	4	940	2.40E+04	354671	398.563	4	6	39
626	2	1	1	30	50	0.2	48	0.2	0.8	23.25	12	10	0	1200	5.20E+04	516567	498.74	4	6	39
627	4	1	0	35	50	0.17	11.62	0.25	0.8	48	12	6	4	1300	4.40E+04	560077	486.503	5	10	160
628	2	1	0	30	45	0.17	23.25	0.35	0.8	48	21	4	2	1200	2.20E+04	473484	427.919	3	6	80
629	1	3	1	20	50	0.17	16	0.25	0.8	46.5	7	2	4	1200	2.50E+04	489213	471.209	4	8	120
630	1	2	0	30	45	0.13	46.5	0.25	0.4	24	13	6	6	930	1.60E+04	362478	428.045	4	6	40



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ESTRUTURAS



INDIVÍDUO	NX	NY	DL	FCKCML	FCKCP M	HL	LLJ	HV	BV	LLV	NA	NB	NPT	Volume Concreto (m³)	Peso de Aço (kg)	EMISSÃO DE CO ₂		QDV	QDP	QDL
																Total	Emissão/m³			
631	1	2	1	30	35	0.21	24	0.3	0.7	46.5	13	0	6	1300	3.40E+04	462047	376.851	3	6	78
632	1	2	1	20	50	0.13	24	0.4	0.4	46.5	13	6	4	1000	2.60E+04	404824	478.932	3	6	78
633	2	1	0	20	35	0.13	23.25	0.25	0.9	48	19	8	2	1000	2.50E+04	347789	377.502	3	6	80
634	1	2	1	35	50	0.2	24	0.35	0.6	46.5	17	6	6	1200	6.00E+04	561244	501.957	3	6	78
635	3	1	0	20	50	0.21	15.5	0.2	0.9	48	14	10	4	1300	5.80E+04	572283	496.125	4	8	120
636	5	1	0	25	50	0.13	9.3	0.2	0.5	48	10	8	4	1100	4.00E+04	449284	493.988	6	12	200
637	2	1	1	30	45	0.2	48	0.2	0.4	23.25	6	2	0	1100	2.60E+04	447302	432.899	4	6	39
638	2	1	0	20	35	0.26	23.25	0.35	0.5	48	5	2	4	1500	2.20E+04	517323	361.788	3	6	80
639	2	1	1	30	45	0.2	48	0.2	0.4	23.25	10	10	0	1100	4.40E+04	462504	452.339	4	6	39
640	2	1	0	20	40	0.26	23.25	0.3	0.6	48	17	6	6	1500	3.00E+04	548011	387.175	3	6	80
641	1	1	0	20	45	0.09	46.5	0.4	0.5	48	15	14	0	830	1.70E+04	299047	434.387	2	4	40
642	1	7	1	20	45	0.26	6.86	0.35	0.4	46.5	13	0	2	1700	3.40E+04	684202	426.813	8	16	270
643	1	3	1	25	40	0.26	16	0.2	0.4	46.5	3	2	2	1500	2.90E+04	541224	387.831	4	8	120
644	1	2	1	25	45	0.17	24	0.25	0.4	46.5	12	10	0	1100	2.00E+04	414340	429.205	3	6	78
645	1	1	1	30	40	0.09	48	0.25	0.8	46.5	6	2	4	820	1.30E+04	293713	389.987	2	4	39
646	1	7	1	20	50	0.13	6.86	0.35	0.4	46.5	13	2	0	1200	3.60E+04	506610	482.834	8	16	270
647	1	8	1	25	35	0.13	6	0.3	0.4	46.5	6	0	4	1200	3.00E+04	423486	377.093	9	18	310
648	1	8	1	30	35	0.2	6	0.4	0.6	46.5	8	8	6	1600	5.50E+04	605970	382.862	9	18	310
649	8	1	0	35	35	0.17	5.81	0.2	0.5	48	15	0	2	1300	4.30E+04	486934	385.945	9	18	320
650	1	1	0	30	35	0.2	46.5	0.25	0.7	48	19	6	4	1200	3.10E+04	417363	376.749	2	4	40
651	1	7	1	30	50	0.09	6.86	0.4	0.5	46.5	14	6	0	1200	4.40E+04	506409	494.174	8	16	270
652	2	1	0	25	50	0.2	23.25	0.2	0.4	48	5	2	0	1100	2.60E+04	478035	473.531	3	6	80
653	1	1	0	25	40	0.13	46.5	0.2	0.9	48	10	8	0	960	2.10E+04	337756	394.91	2	4	40
654	1	1	1	25	35	0.17	48	0.2	0.8	46.5	19	4	4	1100	3.40E+04	376596	384.386	2	4	39
655	1	7	1	20	45	0.17	6.86	0.4	0.8	46.5	18	4	2	1600	6.00E+04	644254	447.458	8	16	270
656	1	7	1	25	50	0.09	6.86	0.2	0.5	46.5	10	8	6	980	4.30E+04	413097	507.597	8	16	270
657	1	1	1	35	40	0.13	48	0.25	0.5	46.5	6	2	0	930	1.10E+04	341906	382.127	2	4	39
658	1	8	1	20	45	0.17	6	0.2	0.8	46.5	18	10	4	1400	5.60E+04	561415	452.92	9	18	310
659	8	1	0	35	45	0.26	5.81	0.4	0.8	48	17	6	0	2100	6.10E+04	885269	435.989	9	18	320
660	1	1	0	20	45	0.17	46.5	0.2	0.6	48	16	8	2	1100	1.90E+04	394951	427.6	2	4	40
661	1	1	1	30	50	0.2	48	0.2	0.5	46.5	8	6	2	1100	1.90E+04	473685	465.886	2	4	39
662	7	7	0	35	40	0.17	6.64	0.25	0.4	6.86	8	8	2	1300	3.30E+04	502281	396.868	56	64	280
663	7	7	1	30	40	0.2	6.86	0.2	0.6	6.64	17	14	4	1400	7.20E+04	563330	424.387	56	64	270
664	7	7	0	35	35	0.26	6.64	0.35	0.7	6.86	19	10	4	1900	8.80E+04	743308	393.213	56	64	280
665	7	7	0	30	35	0.21	6.64	0.25	0.8	6.86	14	14	2	1600	7.50E+04	608494	398.218	56	64	280



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ESTRUTURAS



INDIVÍDUO	NX	NY	DL	FCKCML	FCKCP M	HL	LLJ	HV	BV	LLV	NA	NB	NPT	Volume Concreto (m³)	Peso de Aço (kg)	EMISSÃO DE CO ₂		QDV	QDP	QDL
																Total	Emissão/m³			
666	7	7	0	35	45	0.21	6.64	0.4	0.8	6.86	18	10	4	1800	7.50E+04	762163	451.521	56	64	280
667	7	8	0	20	40	0.2	6.64	0.2	0.8	6	14	12	2	1500	5.60E+04	558994	409.264	64	72	280
668	8	7	0	30	40	0.09	5.81	0.25	0.4	6.86	13	10	2	1100	4.20E+04	416026	418.746	63	72	320
669	7	7	1	20	50	0.17	6.86	0.4	0.7	6.64	19	12	6	1600	5.80E+04	681421	487.417	56	64	270
670	8	7	0	30	35	0.13	5.81	0.35	0.8	6.86	14	5	0	1500	6.10E+04	565733	392.759	63	72	320
671	7	8	1	20	40	0.17	6	0.2	0.4	6.64	13	2	0	1300	3.80E+04	475735	401.978	63	72	310
672	8	7	1	30	35	0.13	6.86	0.4	0.7	5.81	19	0	2	1400	6.20E+04	543087	395.809	64	72	270
673	7	8	0	25	45	0.13	6.64	0.2	0.7	6	7	4	0	1200	4.70E+04	499919	453.697	64	72	280
674	7	8	1	30	35	0.13	6	0.35	0.6	6.64	17	0	6	1400	5.60E+04	523153	393.858	63	72	310
675	7	7	0	30	50	0.21	6.64	0.3	0.8	6.86	16	14	4	1700	8.80E+04	767826	503.719	56	64	280
676	8	7	0	35	50	0.17	5.81	0.3	0.7	6.86	5	4	6	1500	6.00E+04	700064	491.027	63	72	320
677	7	7	0	35	40	0.13	6.64	0.25	0.9	6.86	8	0	6	1400	3.70E+04	518344	400.245	56	64	280
678	8	8	0	30	40	0.26	5.81	0.3	0.6	6	17	0	0	1900	5.00E+04	726977	394.275	72	81	320
679	8	8	0	30	40	0.09	5.81	0.3	0.7	6	14	12	0	1300	5.20E+04	489056	418.328	72	81	320
680	8	7	1	20	50	0.13	6.86	0.35	0.6	5.81	8	0	2	1300	3.70E+04	566934	479.79	64	72	270
681	8	7	1	35	45	0.13	6.86	0.4	0.8	5.81	20	4	0	1500	5.60E+04	629114	449.66	64	72	270
682	7	8	0	35	35	0.21	6.64	0.25	0.5	6	15	0	4	1500	6.10E+04	569242	392.384	64	72	280
683	8	8	1	25	40	0.2	6	0.25	0.6	5.81	15	8	6	1500	5.60E+04	577320	408.361	72	81	310
684	7	8	1	30	35	0.17	6	0.2	0.5	6.64	15	14	2	1300	6.70E+04	513164	405.256	63	72	310
685	8	8	0	20	45	0.2	5.81	0.25	0.8	6	16	0	0	1600	6.40E+04	659730	450.514	72	81	320
686	8	7	0	30	40	0.26	5.81	0.25	0.9	6.86	12	7	0	2000	5.40E+04	753747	395.393	63	72	320
687	8	8	0	35	35	0.26	5.81	0.35	0.7	6	6	0	0	2000	5.30E+04	744072	373.875	72	81	320
688	8	7	0	25	50	0.2	5.81	0.4	0.6	6.86	17	0	6	1700	5.90E+04	744506	484.605	63	72	320
689	8	7	0	35	45	0.13	5.81	0.35	0.4	6.86	13	4	4	1300	5.60E+04	558351	457.562	63	72	320
690	8	8	1	20	35	0.2	6	0.4	0.8	5.81	13	8	6	1800	8.70E+04	665955	398.263	72	81	310
691	8	8	1	20	50	0.13	6	0.3	0.8	5.81	20	12	6	1400	8.00E+04	641283	511.135	72	81	310
692	8	7	0	30	50	0.2	5.81	0.35	0.7	6.86	19	0	2	1700	8.30E+04	778019	499.578	63	72	320
693	8	8	1	30	35	0.26	6	0.3	0.4	5.81	13	6	4	1800	6.30E+04	668408	383.413	72	81	310
694	8	8	0	20	35	0.21	5.81	0.2	0.6	6	15	8	0	1500	6.60E+04	557636	395.294	72	81	320
695	8	8	1	20	35	0.26	6	0.25	0.4	5.81	13	8	0	1800	6.10E+04	631868	383.785	72	81	310
696	8	8	0	30	40	0.17	5.81	0.25	0.9	6	16	12	2	1600	5.90E+04	609174	409.155	72	81	320
697	8	7	0	30	35	0.17	5.81	0.25	0.9	6.86	13	4	4	1600	6.70E+04	588086	395.513	63	72	320
698	8	8	0	30	40	0.17	5.81	0.2	0.9	6	19	14	2	1500	6.20E+04	585468	414.534	72	81	320
699	7	8	1	30	35	0.26	6	0.2	0.9	6.64	10	8	6	1900	8.70E+04	718821	395.088	63	72	310
700	8	8	1	25	50	0.2	6	0.4	0.4	5.81	10	8	6	1600	8.40E+04	713404	505.366	72	81	310



APÊNDICE C

TABELA DA CONFIGURAÇÃO ESTRUTURAL RESULTANTE DO
PROCESSAMENTO DO WAL MART – BONOCÔ, COM A FUNÇÃO
CUSTO.



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ESTRUTURAS



INDIVÍDUO	NX	NY	DL	FCK CML	FCK CPM	HL	LLJ	HV	BV	LLV	NA	NB	NPT	Volume de Concreto	Custo		QDV	QDP	QDL
															Total	Estrutura/m ²			
1	6	6	1	20	40	0.17	8	0.25	0.8	7.75	20	0	0	460	463900	253.5	42	49	230
2	6	6	1	20	40	0.2	8	0.3	0.6	7.75	13	6	2	480	471300	258.4	42	49	230
3	6	6	1	20	40	0.17	8	0.35	0.6	7.75	13	4	2	470	472800	259.3	42	49	230
4	6	6	0	20	40	0.2	7.75	0.3	0.8	8	12	7	0	510	487900	267.7	42	49	240
5	6	6	0	25	45	0.17	7.75	0.3	0.8	8	17	6	4	480	519600	284.7	42	49	240
6	6	6	1	30	40	0.2	8	0.3	0.8	7.75	15	8	2	510	502400	272.6	42	49	230
7	5	6	1	20	50	0.17	8	0.4	0.7	9.3	19	2	4	490	524900	290	35	42	230
8	6	6	1	35	40	0.21	8	0.3	0.8	7.75	21	2	0	520	520700	281.6	42	49	230
9	6	6	1	20	45	0.2	8	0.25	0.8	7.75	18	2	2	490	486000	266.6	42	49	230
10	6	6	0	35	45	0.2	7.75	0.4	0.7	8	19	0	2	530	526600	285.3	42	49	240
11	6	6	1	25	45	0.21	8	0.25	0.8	7.75	17	12	4	510	520700	285.4	42	49	230
12	6	5	0	25	50	0.21	7.75	0.4	0.8	9.6	17	14	2	560	593500	328.6	35	42	240
13	6	6	0	35	35	0.2	7.75	0.4	0.5	8	14	3	2	500	504600	273	42	49	240
14	6	6	0	35	45	0.17	7.75	0.35	0.8	8	21	8	0	500	566700	308.9	42	49	240
15	6	6	0	35	50	0.21	7.75	0.4	0.8	8	17	14	6	560	615500	338	42	49	240
16	6	6	0	25	40	0.26	7.75	0.4	0.8	8	20	2	6	650	611700	339.5	42	49	240
17	5	6	1	30	40	0.2	8	0.4	0.5	9.3	15	8	0	490	501300	272.9	35	42	230
18	5	6	1	25	45	0.26	8	0.35	0.7	9.3	17	14	4	610	629700	350.6	35	42	230
19	6	6	1	30	40	0.17	8	0.4	0.5	7.75	15	6	4	470	476800	258.3	42	49	230
20	6	6	1	25	35	0.2	8	0.35	0.8	7.75	20	6	2	520	520000	285	42	49	230
21	6	6	1	25	50	0.26	8	0.3	0.7	7.75	16	14	6	600	651200	363.4	42	49	230
22	6	6	0	20	35	0.17	7.75	0.35	0.7	8	17	8	0	480	499900	275.1	42	49	240
23	6	6	0	35	50	0.21	7.75	0.4	0.7	8	13	8	2	550	589500	322.8	42	49	240
24	6	6	1	20	40	0.21	8	0.4	0.7	7.75	19	8	2	540	548200	304	42	49	230
25	6	6	1	20	40	0.2	8	0.4	0.7	7.75	19	8	0	520	515900	284.7	42	49	230
26	6	6	1	20	45	0.21	8	0.4	0.7	7.75	19	10	0	540	552700	306.7	42	49	230
27	6	6	0	25	50	0.21	7.75	0.4	0.8	8	19	6	4	560	565800	312.2	42	49	240
28	6	6	1	30	40	0.17	8	0.4	0.8	7.75	20	12	4	510	554700	303.7	42	49	230
29	6	6	1	20	35	0.21	8	0.3	0.8	7.75	16	14	2	520	531200	293.6	42	49	230
30	6	6	0	20	40	0.17	7.75	0.25	0.8	8	18	14	6	460	502900	276.6	42	49	240
31	6	6	0	30	40	0.26	7.75	0.35	0.6	8	14	13	4	600	587600	323.9	42	49	240
32	6	6	0	20	45	0.21	7.75	0.35	0.7	8	12	8	0	530	506000	278.8	42	49	240
33	6	6	1	20	35	0.21	8	2.50E-01	0.8	7.75	21	6	0	510	521300	287.7	42	49	230
34	6	6	0	20	45	0.26	7.75	3.50E-01	0.7	8	19	10	4	620	662900	372.3	42	49	240
35	6	6	1	20	45	0.2	8	3.50E-01	0.4	7.75	13	6	4	470	482300	265.6	42	49	230



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ESTRUTURAS



INDIVÍDUO	NX	NY	DL	FCKCML	FCKCPM	HL	LLJ	HV	BV	LLV	NA	NB	NPT	Volume de Concreto	Custo		QDV	QDP	QDL
															Total	Estrutura/m²			
36	6	6	0	25	35	0.17	7.75	4.00E-01	0.8	8	21	12	0	520	539100	296.3	42	49	240
37	5	6	1	30	40	0.21	8	4.00E-01	0.8	9.3	16	12	2	550	537600	293.5	35	42	230
38	6	6	1	20	40	0.21	8	3.00E-01	0.7	7.75	18	14	6	510	519600	286.9	42	49	230
39	5	6	1	35	35	0.26	8	4.00E-01	0.7	9.3	19	12	0	630	609900	335	35	42	230
40	6	6	0	25	40	0.21	7.75	3.00E-01	0.4	8	13	10	2	480	478700	261.5	42	49	240
41	5	6	1	25	35	0.26	8	3.00E-01	0.6	9.3	17	12	6	580	575400	318.6	35	42	230
42	6	6	0	20	35	0.21	7.75	2.00E-01	0.6	8	17	10	0	470	497200	273.8	42	49	240
43	6	6	1	25	40	0.2	8	3.00E-01	0.5	7.75	15	12	4	470	476700	260.1	42	49	230
44	5	6	0	25	35	0.2	9.3	3.00E-01	0.8	8	19	14	2	490	550100	303.2	36	42	200
45	6	6	1	20	45	0.26	8	2.00E-01	0.4	7.75	13	12	4	540	579700	323.6	42	49	230
46	6	5	1	25	45	0.2	9.6	3.50E-01	0.5	7.75	15	10	2	460	558600	309.1	36	42	190
47	6	6	0	25	35	0.26	7.75	3.00E-01	0.6	8	17	12	2	590	596100	330.9	42	49	240
48	6	5	1	35	35	0.2	9.6	2.50E-01	0.6	7.75	17	12	6	450	517500	280.7	36	42	190
49	5	6	0	25	45	0.26	9.3	3.00E-01	0.8	8	21	14	2	590	672100	375.9	36	42	200
50	6	6	1	20	50	0.2	8	4.00E-01	0.4	7.75	13	6	4	480	559300	311.4	42	49	230
51	6	6	0	20	35	0.21	7.75	3.00E-01	0.6	8	17	14	0	500	517600	286	42	49	240
52	5	6	1	20	40	0.26	8	2.00E-01	0.7	9.3	19	14	0	570	587900	327.6	35	42	230
53	5	5	1	30	45	0.2	9.6	4.00E-01	0.5	9.3	15	14	2	470	562400	309.5	30	36	190
54	6	6	1	35	50	0.13	8	3.50E-01	0.8	7.75	21	2	6	450	505000	272.2	42	49	230
55	5	6	1	20	35	0.2	8	4.00E-01	0.4	9.3	14	13	0	470	494700	272.9	35	42	230
56	6	6	1	35	35	0.21	8	2.00E-01	0.7	7.75	19	8	6	480	491800	264.7	42	49	230
57	5	6	0	35	35	0.2	9.3	3.00E-01	0.8	8	21	0	4	490	559200	304.8	36	42	200
58	6	6	0	35	35	0.2	7.75	4.00E-01	0.6	8	17	0	6	510	552000	300.9	42	49	240
59	6	6	1	25	45	0.26	8	2.00E-01	0.4	7.75	13	12	4	540	556200	307.8	42	49	230
60	6	6	1	20	40	0.21	8	4.00E-01	0.7	7.75	19	2	4	540	567400	315.4	42	49	230
61	6	6	0	35	45	0.21	7.75	2.00E-01	0.4	8	14	13	6	450	474400	255.3	42	49	240
62	5	6	0	35	45	0.26	9.3	4.00E-01	0.6	8	17	8	4	600	588800	323.1	36	42	200
63	6	6	1	35	35	0.26	8	3.50E-01	0.4	7.75	14	13	4	570	582100	319.6	42	49	230
64	6	6	0	35	45	0.17	7.75	4.00E-01	0.7	8	17	12	6	500	549400	298.9	42	49	240
65	6	6	1	25	40	0.26	8	3.50E-01	0.6	7.75	12	5	0	600	616500	343.1	42	49	230
66	6	6	1	35	35	0.26	8	2.50E-01	0.4	7.75	14	13	6	550	573300	314.4	42	49	230
67	6	6	0	20	50	0.2	7.75	2.00E-01	0.8	8	18	14	2	480	586100	326.2	42	49	240
68	6	6	1	30	40	0.26	8	3.00E-01	0.4	7.75	14	13	2	560	549800	302.2	42	49	230
69	6	6	1	20	45	0.21	8	2.50E-01	0.4	7.75	13	12	4	460	530600	294.4	42	49	230
70	6	6	1	30	35	0.17	8	4.00E-01	0.7	7.75	14	6	2	500	483800	261.8	42	49	230



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ESTRUTURAS



INDIVÍDUO	NX	NY	DL	FCKCM L	FCKCP M	HL	LLJ	HV	BV	LLV	NA	NB	NPT	Volume de Concreto	Custo	Custo	QDV	QDP	QDL
															Total	Estrutura/m ²			
71	6	6	1	20	40	0.21	8	2.50E-01	0.4	7.75	13	12	6	460	458000	251.1	42	49	230
72	6	6	0	20	35	0.21	7.75	3.50E-01	0.7	8	14	13	4	530	576500	320.8	42	49	240
73	6	6	1	25	35	0.21	8	3.50E-01	0.5	7.75	15	14	6	500	496300	271.8	42	49	230
74	6	6	0	30	35	0.17	7.75	3.00E-01	0.6	8	17	10	6	460	478700	259.1	42	49	240
75	6	6	1	25	50	0.17	8	3.00E-01	0.7	7.75	14	12	6	460	511300	280.1	42	49	230
76	5	6	1	25	35	0.26	8	3.00E-01	0.6	9.3	17	10	2	580	625500	348.5	35	42	230
77	6	6	0	20	45	0.21	7.75	3.50E-01	0.8	8	13	8	2	550	600000	334.5	42	49	240
78	5	6	0	25	35	0.17	9.3	3.50E-01	0.8	8	15	12	6	470	486800	265.5	36	42	200
79	6	6	1	20	35	0.2	8	3.50E-01	0.4	7.75	14	13	6	470	540100	300	42	49	230
80	6	6	1	25	40	0.26	8	3.00E-01	0.7	7.75	19	10	4	600	647900	361.5	42	49	230
81	6	6	0	20	35	0.2	7.75	2.50E-01	0.8	8	21	12	4	490	568200	315.5	42	49	240
82	6	6	1	25	35	0.26	8	2.50E-01	0.5	7.75	15	10	6	560	613900	341.9	42	49	230
83	6	6	1	30	35	0.26	8	3.50E-01	0.4	7.75	13	12	6	570	621200	344.7	42	49	230
84	6	6	0	20	45	0.17	7.75	2.50E-01	0.8	8	14	10	6	460	490000	268.9	42	49	240
85	5	6	0	25	45	0.21	9.3	3.50E-01	0.5	8	15	12	2	480	494500	270.9	36	42	200
86	6	5	1	25	40	0.2	9.6	3.50E-01	0.4	7.75	13	12	4	450	452100	245.9	36	42	190
87	6	6	0	30	50	0.17	7.75	2.50E-01	0.7	8	19	8	6	450	485900	263	42	49	240
88	5	5	1	20	35	0.2	9.6	3.50E-01	0.8	9.3	17	10	0	500	476900	261.5	30	36	190
89	6	6	1	20	45	0.17	8	4.00E-01	0.5	7.75	15	14	4	470	500200	276	42	49	230
90	5	6	1	30	50	0.2	8	3.50E-01	0.6	9.3	17	12	6	490	621600	344.2	35	42	230
91	6	6	1	30	45	0.17	8	2.50E-01	0.7	7.75	13	12	4	450	475600	256.9	42	49	230
92	6	6	1	30	50	0.26	8	4.00E-01	0.6	7.75	10	4	4	610	635600	352.6	42	49	230
93	6	6	0	25	35	0.17	7.75	3.00E-01	0.8	8	21	12	0	480	497300	271.3	42	49	240
94	6	6	1	20	50	0.2	8	4.00E-01	0.6	7.75	17	6	2	510	617300	345.4	42	49	230
95	6	6	0	20	35	0.21	7.75	3.00E-01	0.7	8	10	8	0	510	477700	261.9	42	49	240
96	6	6	0	35	50	0.13	7.75	3.50E-01	0.8	8	12	7	2	450	500000	269.1	42	49	240
97	5	6	0	25	40	0.26	9.3	4.00E-01	0.8	8	14	3	4	620	630400	351	36	42	200
98	6	6	1	35	35	0.17	8	4.00E-01	0.7	7.75	10	4	4	500	474000	254.1	42	49	230
99	5	6	0	30	45	0.21	9.3	3.00E-01	0.5	8	15	12	6	470	483800	262.7	36	42	200
100	6	5	1	30	50	0.2	9.6	3.00E-01	0.4	7.75	14	13	2	440	475000	257.8	36	42	190
101	6	6	0	35	35	0.2	7.75	3.00E-01	0.8	8	21	2	6	510	590800	323.2	42	49	240
102	6	6	1	30	45	0.21	8	2.00E-01	0.8	7.75	21	6	6	490	603400	332.8	42	49	230
103	6	6	0	35	40	0.2	7.75	3.50E-01	0.6	8	17	12	6	500	602300	330.8	42	49	240
104	6	6	0	25	50	0.2	7.75	3.50E-01	0.8	8	14	13	6	530	636600	354.3	42	49	240
105	5	6	1	30	40	0.2	8	2.50E-01	0.5	9.3	15	14	0	450	487300	264.5	35	42	230



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ESTRUTURAS



INDIVÍDUO	NX	NY	DL	FCKCM L	FCKCP M	HL	LLJ	HV	BV	LLV	NA	NB	NPT	Volume de Concreto	Custo		QDV	QDP	QDL
															Total	Estrutura/m ²			
106	6	6	1	30	50	0.17	8	3.00E-01	0.8	7.75	14	5	0	480	471300	254	42	49	230
107	6	5	0	30	50	0.2	7.75	2.50E-01	0.8	9.6	17	14	0	490	609300	336.1	35	42	240
108	6	6	0	20	50	0.17	7.75	4.00E-01	0.5	8	15	14	4	470	485200	267	42	49	240
109	5	6	0	25	35	0.17	9.3	2.00E-01	0.8	8	20	10	6	430	454500	246.2	36	42	200
110	6	6	1	30	40	0.13	8	3.00E-01	0.8	7.75	21	0	6	430	437100	233.6	42	49	230
111	6	6	0	25	45	0.13	7.75	4.00E-01	0.6	8	8	8	2	440	437300	236.2	42	49	240
112	5	6	0	20	35	0.17	9.3	2.50E-01	0.8	8	16	10	4	440	435800	236.9	36	42	200
113	6	6	0	35	45	0.13	7.75	2.50E-01	0.4	8	14	13	0	380	433600	231.1	42	49	240
114	6	5	1	35	40	0.13	9.6	3.50E-01	0.7	7.75	19	2	0	410	436800	232.3	36	42	190
115	6	6	0	20	40	0.13	7.75	4.00E-01	0.4	8	13	4	6	410	399100	216	42	49	240
116	6	6	1	30	50	0.13	8	2.50E-01	0.8	7.75	12	10	2	410	468600	252.4	42	49	230
117	5	6	0	35	35	0.13	9.3	4.00E-01	0.6	8	15	14	6	420	454500	243.1	36	42	200
118	6	5	1	20	35	0.17	9.6	2.50E-01	0.8	7.75	19	14	6	440	439500	239.3	36	42	190
119	6	6	0	35	50	0.09	7.75	3.00E-01	0.8	8	14	7	6	380	453400	241.4	42	49	240
120	6	6	0	25	45	0.21	7.75	2.50E-01	0.8	8	17	0	4	510	510700	279.4	42	49	240
121	6	5	1	35	40	0.13	9.6	4.00E-01	0.8	7.75	12	6	4	440	431500	228.8	36	42	190
122	6	6	1	35	50	0.09	8	4.00E-01	0.7	7.75	16	2	2	400	439700	233.7	42	49	230
123	6	5	1	30	35	0.26	9.6	3.00E-01	0.4	7.75	13	6	4	550	577700	318.9	36	42	190
124	6	6	1	35	40	0.09	8	2.50E-01	0.8	7.75	17	10	2	360	398900	209	42	49	230
125	6	5	0	25	45	0.13	7.75	3.50E-01	0.7	9.6	19	2	0	440	461100	250.1	35	42	240
126	3	6	0	20	35	0.26	15.5	3.00E-01	0.8	8	21	14	4	560	564400	314.3	24	28	120
127	6	6	1	20	35	0.21	8	2.00E-01	0.6	7.75	17	2	4	470	474900	260.6	42	49	230
128	6	6	1	30	35	0.21	8	2.00E-01	0.5	7.75	13	8	4	460	450000	242.3	42	49	230
129	5	6	1	25	45	0.09	8	3.50E-01	0.8	9.3	14	12	4	390	432700	232.9	35	42	230
130	6	5	0	35	45	0.09	7.75	4.00E-01	0.8	9.6	14	8	4	410	458800	244.6	35	42	240
131	6	6	0	35	50	0.2	7.75	4.00E-01	0.8	8	6	5	0	550	539700	292.8	42	49	240
132	6	5	0	25	50	0.17	7.75	2.50E-01	0.7	9.6	17	12	2	450	493400	269.3	35	42	240
133	6	6	0	35	45	0.13	7.75	2.50E-01	0.8	8	16	2	0	420	471100	251.9	42	49	240
134	6	5	0	20	35	0.09	7.75	3.00E-01	0.8	9.6	19	8	0	380	421900	228.3	35	42	240
135	5	6	0	20	40	0.13	9.3	2.50E-01	0.4	8	14	13	4	360	390500	211	36	42	200
136	6	5	1	20	45	0.26	9.6	2.50E-01	0.8	7.75	10	10	2	580	572900	318.7	36	42	190
137	5	6	0	30	40	0.09	9.3	4.00E-01	0.5	8	15	12	0	360	379100	200.3	36	42	200
138	6	5	1	30	35	0.17	9.6	2.50E-01	0.7	7.75	19	0	4	430	430200	230.2	36	42	190
139	6	5	1	30	45	0.09	9.6	4.00E-01	0.8	7.75	10	7	6	390	414600	220.6	36	42	190
140	5	6	0	20	35	0.21	9.3	2.00E-01	0.8	8	14	10	2	470	467400	255.8	36	42	200



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ESTRUTURAS



INDIVÍDUO	NX	NY	DL	FCKCM L	FCKCP M	HL	LLJ	HV	BV	LLV	NA	NB	NPT	Volume de Concreto	Custo		QDV	QDP	QDL
															Total	Estrutura/m ²			
141	6	5	0	35	35	0.17	7.75	2.50E-01	0.5	9.6	15	14	6	430	469900	252.3	35	42	240
142	5	5	1	20	35	0.17	9.6	4.00E-01	0.4	9.3	13	8	4	430	415400	225.8	30	36	190
143	6	6	1	30	50	0.21	8	4.00E-01	0.7	7.75	6	3	2	540	550700	301.7	42	49	230
144	6	6	1	25	40	0.17	8	2.00E-01	0.8	7.75	14	6	4	440	431700	232.4	42	49	230
145	6	5	0	25	50	0.2	7.75	3.00E-01	0.6	9.6	17	4	4	480	515500	282.8	35	42	240
146	6	6	1	25	35	0.26	8	2.50E-01	0.8	7.75	8	8	2	600	611500	339.5	42	49	230
147	4	6	0	20	50	0.21	11.62	3.00E-01	0.8	8	12	10	4	480	482100	264.9	30	35	160
148	5	5	1	35	50	0.21	9.6	3.50E-01	0.6	9.3	15	6	4	490	519500	281.8	30	36	190
149	5	6	1	35	35	0.09	8	4.00E-01	0.4	9.3	13	4	6	360	379900	199.1	35	42	230
150	6	5	0	35	45	0.21	7.75	3.50E-01	0.7	9.6	14	4	2	530	583100	319	35	42	240
151	6	6	1	35	35	0.17	8	2.50E-01	0.7	7.75	8	8	4	450	436700	231.8	42	49	230
152	5	6	1	30	50	0.2	8	3.50E-01	0.7	9.3	14	3	6	510	599600	330.8	35	42	230
153	4	6	0	35	45	0.09	11.62	4.00E-01	0.6	8	17	6	4	350	385100	202	30	35	160
154	5	6	1	25	40	0.21	8	3.50E-01	0.6	9.3	15	0	6	510	462800	251.5	35	42	230
155	6	6	1	25	40	0.17	8	2.50E-01	0.9	7.75	20	12	4	470	512600	280.2	42	49	230
156	6	5	1	35	35	0.26	9.6	2.00E-01	0.4	7.75	13	10	4	530	523500	284.9	36	42	190
157	6	5	1	35	40	0.2	9.6	2.50E-01	0.9	7.75	23	6	0	480	482400	258.8	36	42	190
158	4	5	0	30	45	0.09	11.62	4.00E-01	0.8	9.6	20	12	6	370	412800	219.9	25	30	160
159	6	5	1	20	45	0.2	9.6	3.50E-01	0.6	7.75	8	4	0	470	523400	289.7	36	42	190
160	5	6	1	35	50	0.13	8	2.50E-01	0.5	9.3	15	14	4	380	442400	235.9	35	42	230
161	5	5	0	20	50	0.21	9.3	2.50E-01	0.8	9.6	17	12	6	490	555600	308.3	30	36	200
162	5	5	0	25	35	0.26	9.3	3.00E-01	0.5	9.6	14	12	6	570	575400	319.1	30	36	200
163	6	5	0	30	40	0.09	7.75	2.50E-01	0.7	9.6	18	14	2	350	407200	216	35	42	240
164	5	5	1	30	35	0.21	9.6	3.50E-01	0.5	9.3	15	4	4	480	446300	240.4	30	36	190
165	6	6	1	25	40	0.26	8	2.50E-01	0.9	7.75	14	14	2	610	606100	336	42	49	230
166	6	6	0	25	35	0.26	7.75	3.00E-01	0.7	8	10	0	4	600	542300	298.5	42	49	240
167	6	3	1	30	50	0.21	16	3.50E-01	0.4	7.75	14	13	2	440	482400	262.6	24	28	120
168	6	6	0	30	35	0.17	7.75	3.00E-01	0.6	8	8	3	2	460	460600	248.3	42	49	240
169	4	6	0	35	35	0.2	11.62	4.00E-01	0.6	8	7	6	4	470	419800	222.7	30	35	160
170	6	6	0	35	50	0.21	7.75	2.50E-01	0.8	8	8	4	0	510	515300	278.3	42	49	240
171	5	6	0	35	45	0.26	9.3	3.50E-01	0.7	8	8	3	2	600	591000	324.1	36	42	200
172	5	5	1	30	45	0.09	9.6	3.50E-01	0.8	9.3	21	0	0	370	395300	209.1	30	36	190
173	4	5	0	20	40	0.13	11.62	4.00E-01	0.7	9.6	18	6	4	410	427000	232.3	25	30	160
174	5	4	1	25	40	0.13	12	4.00E-01	0.8	9.3	16	8	0	420	406200	217.9	25	30	160
175	6	5	0	20	45	0.17	7.75	2.50E-01	0.9	9.6	17	14	6	470	499300	274.2	35	42	240



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ESTRUTURAS



INDIVÍDUO	NX	NY	DL	FCKCM L	FCKCP M	HL	LLJ	HV	BV	LLV	NA	NB	NPT	Volume de Concreto	Custo		QDV	QDP	QDL
															Total	Estrutura/m ²			
176	4	6	0	30	50	0.17	11.62	2.50E-01	0.8	8	14	10	0	420	458200	246.9	30	35	160
177	6	6	1	30	45	0.13	8	3.00E-01	0.8	7.75	6	4	2	430	434600	232.2	42	49	230
178	5	5	0	20	40	0.21	9.3	2.50E-01	0.8	9.6	14	14	6	490	555700	308.4	30	36	200
179	6	5	1	35	45	0.09	9.6	2.50E-01	0.9	7.75	23	10	0	350	407200	214	36	42	190
180	6	5	1	20	35	0.13	9.6	3.00E-01	0.8	7.75	8	5	0	410	403000	217.5	36	42	190
181	5	5	1	20	40	0.26	9.6	4.00E-01	0.6	9.3	13	2	4	600	545800	303.1	30	36	190
182	4	6	1	30	50	0.17	8	3.50E-01	0.8	11.62	14	14	4	490	527000	287.1	28	35	230
183	5	6	0	30	35	0.2	9.3	2.00E-01	0.4	8	13	10	6	420	433800	233.2	36	42	200
184	6	5	0	20	35	0.21	7.75	3.50E-01	0.8	9.6	14	0	0	540	571900	317.7	35	42	240
185	6	6	0	20	35	0.17	7.75	2.50E-01	0.5	8	8	6	6	430	417900	226.8	42	49	240
186	5	5	1	35	35	0.21	9.6	3.50E-01	0.7	9.3	8	8	0	500	481600	258.9	30	36	190
187	5	6	0	30	35	0.17	9.3	2.00E-01	0.8	8	17	2	4	430	421200	224.5	36	42	200
188	6	6	1	30	45	0.21	8	2.50E-01	0.9	7.75	10	6	0	520	535400	291.9	42	49	230
189	6	5	0	20	45	0.2	7.75	3.00E-01	0.8	9.6	8	7	6	510	505400	278.1	35	42	240
190	6	6	1	35	45	0.17	8	4.00E-01	0.4	7.75	5	0	6	450	424200	225.5	42	49	230
191	6	5	1	20	45	0.21	9.6	2.00E-01	0.9	7.75	17	4	0	480	485900	266.6	36	42	190
192	5	6	1	20	35	0.17	8	3.00E-01	0.4	9.3	13	4	0	430	418900	227.8	35	42	230
193	4	6	1	35	40	0.21	8	3.50E-01	0.8	11.62	14	10	0	550	530100	287.2	28	35	230
194	6	5	1	25	35	0.09	9.6	3.00E-01	0.4	7.75	13	2	4	320	342600	180.7	36	42	190
195	5	4	1	35	40	0.21	12	3.00E-01	0.8	9.3	13	12	2	490	518500	281.1	25	30	160
196	6	6	1	35	35	0.21	8	2.00E-01	0.8	7.75	10	0	0	490	456800	243.5	42	49	230
197	6	5	1	25	35	0.21	9.6	2.00E-01	0.9	7.75	12	10	2	480	452400	244.8	36	42	190
198	5	5	0	20	35	0.13	9.3	2.50E-01	0.6	9.6	17	14	2	380	399100	215.6	30	36	200
199	6	3	1	35	50	0.26	16	2.50E-01	0.8	7.75	21	6	6	540	627400	346.4	24	28	120
200	6	5	0	25	40	0.26	7.75	2.00E-01	0.4	9.6	14	13	2	540	558500	309.1	35	42	240
201	4	6	1	25	35	0.26	8	3.00E-01	0.8	11.62	21	6	6	620	599000	332	28	35	230
202	4	6	1	35	40	0.2	8	4.00E-01	0.4	11.62	13	8	6	470	471900	253.9	28	35	230
203	5	6	0	20	50	0.13	9.3	2.50E-01	0.5	8	12	6	4	370	402000	217.6	36	42	200
204	6	4	1	30	40	0.2	12	2.00E-01	0.4	7.75	14	13	0	410	424800	228	30	35	160
205	5	4	1	35	50	0.17	12	3.50E-01	0.5	9.3	15	8	6	420	430200	229.2	25	30	160
206	6	4	1	25	35	0.13	12	3.50E-01	0.4	7.75	13	0	2	360	334000	175.7	30	35	160
207	6	5	1	30	45	0.21	9.6	3.50E-01	0.7	7.75	5	0	0	500	547200	299.9	36	42	190
208	5	6	1	20	45	0.26	8	2.00E-01	0.7	9.3	12	10	4	570	591100	329.5	35	42	230
209	5	5	0	35	40	0.2	9.3	3.50E-01	0.6	9.6	8	5	0	480	433000	230.3	30	36	200
210	5	6	1	25	45	0.26	8	2.00E-01	0.5	9.3	14	10	6	550	607200	337.8	35	42	230



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ESTRUTURAS



INDIVÍDUO	NX	NY	DL	FCKCM L	FCKCP M	HL	LLJ	HV	BV	LLV	NA	NB	NPT	Volume de Concreto	Custo		QDV	QDP	QDL
															Total	Estrutura/m ²			
211	5	5	1	25	45	0.21	9.6	2.50E-01	0.9	9.3	23	0	6	490	474700	258	30	36	190
212	6	6	1	20	35	0.09	8	2.00E-01	0.8	7.75	10	8	2	350	377600	202	42	49	230
213	5	6	0	20	35	0.09	9.3	2.00E-01	0.7	8	18	6	2	330	352100	187.4	36	42	200
214	4	6	0	20	45	0.09	11.62	2.50E-01	0.6	8	17	8	6	320	348400	185.6	30	35	160
215	5	6	1	20	35	0.13	8	3.50E-01	0.5	9.3	7	2	4	410	391800	211.4	35	42	230
216	6	4	1	30	50	0.21	12	2.00E-01	0.8	7.75	14	3	4	450	446100	239.7	30	35	160
217	6	5	0	35	50	0.13	7.75	2.50E-01	0.7	9.6	13	6	2	400	458800	244.9	35	42	240
218	5	5	0	25	40	0.13	9.3	4.00E-01	0.4	9.6	6	6	2	390	383600	205.1	30	36	200
219	3	6	0	25	40	0.21	15.5	3.50E-01	0.7	8	14	0	6	470	455500	247.7	24	28	120
220	6	3	1	25	45	0.2	16	4.00E-01	0.6	7.75	7	6	0	450	482300	263.9	24	28	120
221	6	6	1	20	35	0.2	8	2.00E-01	0.7	7.75	7	0	0	460	442600	241	42	49	230
222	5	6	1	20	40	0.09	8	2.00E-01	0.8	9.3	20	10	2	340	378900	202.8	35	42	230
223	6	6	0	20	35	0.13	7.75	2.00E-01	0.5	8	12	3	0	370	392100	211.5	42	49	240
224	4	5	0	25	50	0.09	11.62	4.00E-01	0.8	9.6	17	0	6	370	399800	214	25	30	160
225	6	3	1	35	45	0.21	16	3.00E-01	0.8	7.75	14	2	2	470	542500	295.8	24	28	120
226	5	5	1	35	45	0.13	9.6	2.50E-01	0.7	9.3	17	4	0	380	421300	223	30	36	190
227	5	4	1	35	35	0.13	12	4.00E-01	0.7	9.3	7	6	0	410	414900	219.6	25	30	160
228	5	5	1	30	35	0.21	9.6	2.00E-01	0.7	9.3	13	10	4	460	436500	233.9	30	36	190
229	4	4	1	20	50	0.2	12	4.00E-01	0.7	11.62	19	8	0	480	506000	279.4	20	25	160
230	6	4	0	20	40	0.26	7.75	3.50E-01	0.5	12	15	8	0	590	577100	321.7	28	35	240
231	5	6	1	30	50	0.2	8	2.00E-01	0.7	9.3	10	8	4	460	477500	258	35	42	230
232	4	6	1	35	35	0.17	8	3.50E-01	0.7	11.62	15	0	6	470	434300	230.4	28	35	230
233	5	5	1	25	40	0.2	9.6	2.00E-01	0.8	9.3	19	2	2	450	515000	282.3	30	36	190
234	4	4	1	20	50	0.2	12	4.00E-01	0.6	11.62	17	10	6	470	461500	253	20	25	160
235	4	5	1	35	45	0.21	9.6	3.00E-01	0.8	11.62	21	4	2	510	520800	282	24	30	190
236	6	3	1	30	35	0.2	16	3.50E-01	0.7	7.75	5	4	4	450	409600	218.6	24	28	120
237	6	5	0	20	35	0.17	7.75	2.00E-01	0.9	9.6	19	2	4	450	446300	242.5	35	42	240
238	5	5	0	35	50	0.21	9.3	2.00E-01	0.7	9.6	16	6	6	460	474800	254.8	30	36	200
239	5	5	1	35	40	0.2	9.6	2.00E-01	0.8	9.3	14	3	0	450	431600	228.8	30	36	190
240	5	6	1	20	35	0.26	8	2.50E-01	0.4	9.3	10	4	2	550	508200	281	35	42	230
241	4	6	1	25	40	0.13	8	2.50E-01	0.7	11.62	19	14	4	400	439200	237.1	28	35	230
242	5	6	0	30	40	0.09	9.3	2.00E-01	0.7	8	14	3	6	330	336900	174.5	36	42	200
243	5	5	0	25	50	0.09	9.3	3.00E-01	0.5	9.6	10	8	0	330	349300	184.3	30	36	200
244	5	6	1	30	40	0.13	8	2.00E-01	0.8	9.3	14	3	0	390	408500	216.6	35	42	230
245	4	6	0	30	40	0.09	11.62	2.00E-01	0.7	8	17	12	6	310	339100	176.2	30	35	160



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ESTRUTURAS



INDIVÍDUO	NX	NY	DL	FCKCM L	FCKCP M	HL	LLJ	HV	BV	LLV	NA	NB	NPT	Volume de Concreto	Custo		QDV	QDP	QDL
															Total	Estrutura/m ²			
246	5	4	0	25	35	0.17	9.3	4.00E-01	0.8	12	7	4	4	490	456300	247.3	24	30	200
247	4	4	0	25	45	0.17	11.62	3.50E-01	0.8	12	16	12	2	450	442500	239.4	20	25	160
248	5	4	0	20	45	0.17	9.3	3.50E-01	0.6	12	13	8	2	450	466200	255.6	24	30	200
249	5	5	1	30	35	0.13	9.6	2.50E-01	0.9	9.3	10	8	4	400	394900	208.5	30	36	190
250	5	5	0	30	45	0.17	9.3	2.50E-01	0.9	9.6	14	3	4	450	471300	254	30	36	200
251	6	3	1	30	45	0.26	16	2.00E-01	0.9	7.75	23	2	4	540	549900	301.8	24	28	120
252	5	5	0	20	35	0.17	9.3	2.00E-01	0.8	9.6	14	3	6	430	415300	224.7	30	36	200
253	5	5	1	25	40	0.17	9.6	2.00E-01	0.4	9.3	14	13	0	390	387200	207.2	30	36	190
254	6	2	1	30	45	0.21	24	4.00E-01	0.5	7.75	14	12	2	440	483700	263.4	18	21	78
255	5	6	1	25	35	0.09	8	2.50E-01	0.8	9.3	5	0	0	360	351100	184.3	35	42	230
256	4	6	1	35	40	0.17	8	3.00E-01	0.6	11.62	10	6	2	450	440500	234.4	28	35	230
257	3	4	0	35	35	0.21	15.5	4.00E-01	0.8	12	20	12	2	490	479900	258.4	16	20	120
258	4	4	1	30	50	0.13	12	4.00E-01	0.6	11.62	14	8	6	400	419100	224.2	20	25	160
259	4	6	1	30	50	0.17	8	3.00E-01	0.5	11.62	15	2	4	430	455500	245.5	28	35	230
260	5	3	1	30	50	0.09	16	4.00E-01	0.5	9.3	14	8	0	320	347800	182.1	20	24	120
261	5	5	1	30	45	0.26	9.6	2.00E-01	0.9	9.3	12	6	4	580	570700	313.4	30	36	190
262	3	6	0	30	50	0.2	15.5	2.00E-01	0.7	8	19	4	6	430	535300	293.4	24	28	120
263	6	3	1	20	45	0.09	16	3.50E-01	0.6	7.75	7	4	6	320	331100	175.7	24	28	120
264	3	5	0	30	40	0.2	15.5	3.00E-01	0.6	9.6	13	12	4	430	482600	262.2	20	24	120
265	3	5	0	20	50	0.21	15.5	4.00E-01	0.4	9.6	13	4	0	450	489300	270.2	20	24	120
266	4	5	0	30	50	0.13	11.62	2.00E-01	0.8	9.6	21	12	4	370	425300	227.3	25	30	160
267	4	4	1	25	40	0.2	12	3.00E-01	0.6	11.62	14	14	2	450	442000	239.6	20	25	160
268	6	4	0	20	35	0.21	7.75	2.00E-01	0.8	12	15	8	6	490	468000	255.8	28	35	240
269	4	4	1	20	35	0.2	12	4.00E-01	0.6	11.62	7	2	6	470	435300	237.5	20	25	160
270	3	5	0	35	50	0.13	15.5	3.50E-01	0.6	9.6	16	0	2	370	387200	203.6	20	24	120
271	4	6	1	25	45	0.17	8	2.50E-01	0.6	11.62	10	10	2	430	461800	250.8	28	35	230
272	5	5	1	20	35	0.2	9.6	2.00E-01	0.8	9.3	5	4	2	450	487000	267.5	30	36	190
273	4	5	1	20	35	0.17	9.6	3.00E-01	0.6	11.62	8	8	2	440	404100	218.6	24	30	190
274	2	5	0	30	45	0.21	23.25	4.00E-01	0.8	9.6	19	12	4	460	545500	299.8	15	18	80
275	5	4	0	35	40	0.21	9.3	3.00E-01	0.7	12	13	2	2	500	516000	279.4	24	30	200
276	5	4	0	25	45	0.2	9.3	2.50E-01	0.8	12	13	6	0	480	471700	256.5	24	30	200
277	6	2	1	30	50	0.21	24	3.00E-01	0.7	7.75	19	0	6	440	420900	225.7	18	21	78
278	6	4	0	25	40	0.2	7.75	2.00E-01	0.6	12	16	14	4	450	524000	287.9	28	35	240
279	3	6	1	35	35	0.2	8	3.50E-01	0.7	15.5	19	10	2	510	543300	295.3	21	28	230
280	5	4	0	35	40	0.2	9.3	3.00E-01	0.5	12	15	6	4	460	531500	289.3	24	30	200



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ESTRUTURAS



INDIVÍDUO	NX	NY	DL	FCKCM L	FCKCP M	HL	LLJ	HV	BV	LLV	NA	NB	NPT	Volume de Concreto	Custo	Custo	QDV	QDP	QDL
															Total	Estrutura/m ²			
281	6	2	1	25	40	0.26	24	3.50E-01	0.8	7.75	7	2	4	540	505200	277.6	18	21	78
282	6	4	0	25	50	0.17	7.75	2.00E-01	0.8	12	21	0	6	440	441500	238.1	28	35	240
283	4	4	0	30	35	0.2	11.62	3.00E-01	0.7	12	17	6	0	460	519500	283.7	20	25	160
284	4	5	0	20	40	0.21	11.62	2.00E-01	0.4	9.6	14	13	2	440	438800	240	25	30	160
285	4	4	0	20	45	0.21	11.62	3.00E-01	0.7	12	12	8	2	480	465900	255.4	20	25	160
286	6	4	0	20	45	0.17	7.75	2.50E-01	0.7	12	10	3	0	450	452000	246.5	28	35	240
287	4	4	1	25	40	0.13	12	3.00E-01	0.6	11.62	14	10	4	380	360300	190.9	20	25	160
288	4	5	1	35	45	0.26	9.6	2.00E-01	0.8	11.62	19	6	6	570	563400	307.4	24	30	190
289	5	5	0	35	35	0.13	9.3	2.50E-01	0.4	9.6	7	2	6	360	367900	192.1	30	36	200
290	6	2	1	25	50	0.13	24	4.00E-01	0.5	7.75	15	4	0	360	384300	206	18	21	78
291	6	4	0	20	50	0.21	7.75	2.50E-01	0.6	12	7	4	2	480	486800	267.6	28	35	240
292	5	7	0	35	45	0.2	9.3	4.00E-01	0.7	6.86	12	10	4	510	527200	286.1	42	48	200
293	5	7	0	35	40	0.2	9.3	3.50E-01	0.8	6.86	19	0	0	510	563200	307.2	42	48	200
294	2	5	0	35	35	0.26	23.25	3.50E-01	0.6	9.6	16	14	4	530	500900	271.7	15	18	80
295	6	2	1	35	35	0.21	24	3.00E-01	0.5	7.75	10	8	2	430	428600	228.8	18	21	78
296	6	2	1	20	45	0.17	24	3.00E-01	0.8	7.75	5	4	6	410	389000	210.1	18	21	78
297	3	7	0	35	40	0.26	15.5	2.00E-01	0.7	6.86	19	12	4	530	539300	294.1	28	32	120
298	5	7	0	25	45	0.21	9.3	4.00E-01	0.7	6.86	15	2	0	520	575400	318.6	42	48	200
299	5	4	0	30	50	0.2	9.3	3.00E-01	0.5	12	15	0	2	460	534600	292.9	24	30	200
300	6	2	1	35	35	0.2	24	3.00E-01	0.8	7.75	3	0	6	430	406700	215.3	18	21	78
301	7	4	1	25	40	0.2	12	2.50E-01	0.7	6.64	19	14	0	440	460500	250.4	35	40	160
302	3	7	0	35	40	0.26	15.5	3.00E-01	0.6	6.86	12	10	6	540	527400	287.2	28	32	120
303	3	6	1	25	40	0.13	8	4.00E-01	0.7	15.5	6	0	4	450	423300	227.6	21	28	230
304	6	3	1	20	45	0.21	16	2.00E-01	0.8	7.75	3	0	6	450	487700	268.6	24	28	120
305	4	3	1	20	50	0.2	16	3.50E-01	0.8	11.62	7	4	6	460	447900	244.9	16	20	120
306	3	5	1	30	45	0.26	9.6	4.00E-01	0.7	15.5	19	8	4	620	670200	373.2	18	24	190
307	6	3	1	30	45	0.13	16	2.00E-01	0.9	7.75	10	0	2	360	369100	194.1	24	28	120
308	6	7	0	35	40	0.26	7.75	3.50E-01	0.8	6.86	8	6	2	640	598500	327.9	49	56	240
309	7	3	1	30	40	0.2	16	2.50E-01	0.5	6.64	6	0	4	420	476900	259.1	28	32	120
310	6	4	0	30	40	0.17	7.75	2.00E-01	0.8	12	7	0	0	440	408400	216.4	28	35	240
311	4	7	0	25	40	0.2	11.62	2.00E-01	0.4	6.86	13	12	4	410	425200	230	35	40	160
312	5	4	0	25	45	0.2	9.3	2.00E-01	0.7	12	19	0	4	450	448000	242.6	24	30	200
313	5	3	1	35	50	0.26	16	2.00E-01	0.7	9.3	17	6	6	540	554500	303.1	20	24	120
314	2	6	0	20	50	0.26	23.25	2.50E-01	0.5	8	15	12	6	520	502000	277.8	18	21	80
315	4	3	1	25	45	0.26	16	3.50E-01	0.8	11.62	10	3	6	570	533600	294.1	16	20	120



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ESTRUTURAS



INDIVÍDUO	NX	NY	DL	FCKCM L	FCKCP M	HL	LLJ	HV	BV	LLV	NA	NB	NPT	Volume de Concreto	Custo		QDV	QDP	QDL
															Total	Estrutura/m ²			
316	4	7	0	20	40	0.21	11.62	3.00E-01	0.4	6.86	10	6	4	450	405900	220.3	35	40	160
317	3	6	1	35	50	0.2	8	4.00E-01	0.4	15.5	13	12	0	480	588300	323.3	21	28	230
318	2	6	0	30	50	0.09	23.25	4.00E-01	0.8	8	10	0	6	330	337600	175.9	18	21	80
319	5	4	0	25	45	0.17	9.3	2.00E-01	0.9	12	14	8	4	440	448600	242.4	24	30	200
320	4	6	1	25	50	0.09	8	2.50E-01	0.5	11.62	7	6	6	330	355100	187.6	28	35	230
321	3	5	0	25	50	0.09	15.5	3.00E-01	0.4	9.6	13	6	0	300	307900	160.3	20	24	120
322	5	4	0	20	35	0.13	9.3	2.50E-01	0.5	12	15	0	4	380	358000	191.3	24	30	200
323	5	2	1	25	35	0.13	24	4.00E-01	0.6	9.3	12	5	2	360	360000	191.3	15	18	78
324	7	6	1	20	40	0.21	8	3.00E-01	0.5	6.64	15	2	0	490	459900	251.9	49	56	230
325	6	2	1	20	35	0.13	24	3.50E-01	0.4	7.75	8	7	2	350	347100	185.7	18	21	78
326	3	6	1	20	45	0.09	8	3.00E-01	0.8	15.5	17	10	4	380	431900	234.3	21	28	230
327	7	6	1	20	45	0.26	8	3.00E-01	0.5	6.64	14	10	2	580	612200	342.7	49	56	230
328	6	3	0	30	45	0.2	7.75	4.00E-01	0.4	16	13	8	4	480	558600	307.3	21	28	240
329	4	6	1	25	35	0.26	8	2.00E-01	0.4	11.62	13	4	2	540	529500	291.9	28	35	230
330	6	2	1	35	50	0.17	24	3.00E-01	0.4	7.75	13	2	4	390	393200	207.8	18	21	78
331	4	4	0	35	50	0.26	11.62	2.50E-01	0.9	12	13	8	6	580	605400	332.5	20	25	160
332	5	2	1	35	35	0.2	24	3.00E-01	0.6	9.3	16	2	6	420	391500	206.5	15	18	78
333	6	7	0	35	40	0.21	7.75	2.50E-01	0.8	6.86	7	2	0	510	551900	300.1	49	56	240
334	3	8	0	25	40	0.2	15.5	2.50E-01	0.5	6	8	5	0	420	446000	242.4	32	36	120
335	4	4	0	35	40	0.13	11.62	2.50E-01	0.8	12	6	3	6	380	369400	192.1	20	25	160
336	4	8	0	20	40	0.17	11.62	4.00E-01	0.7	6	12	7	2	460	440000	240	40	45	160
337	2	7	0	25	40	0.26	23.25	2.00E-01	0.6	6.86	17	4	6	520	511000	281.3	21	24	80
338	2	4	0	30	45	0.2	23.25	4.00E-01	0.8	12	15	2	4	440	411000	219.6	12	15	80
339	3	5	1	35	45	0.21	9.6	3.50E-01	0.6	15.5	14	5	6	490	506900	274.3	18	24	190
340	6	2	1	25	45	0.13	24	2.50E-01	0.6	7.75	16	4	0	350	328000	172.3	18	21	78
341	5	4	0	30	35	0.09	9.3	2.50E-01	0.6	12	6	4	6	330	351300	183.4	24	30	200
342	5	2	1	30	40	0.17	24	3.50E-01	0.5	9.3	8	7	2	390	380600	201.9	15	18	78
343	4	4	0	30	40	0.17	11.62	2.50E-01	0.5	12	12	10	4	400	407500	217.5	20	25	160
344	3	7	0	35	50	0.2	15.5	3.00E-01	0.4	6.86	13	2	0	420	415500	220.9	28	32	120
345	5	4	1	35	35	0.13	12	2.00E-01	0.4	9.3	13	4	6	350	367700	192.2	25	30	160
346	5	2	1	30	35	0.26	24	2.50E-01	0.8	9.3	17	4	0	530	503600	274.8	15	18	78
347	4	3	0	20	45	0.17	11.62	4.00E-01	0.6	16	15	10	0	450	469800	258	15	20	160
348	3	8	0	35	50	0.2	15.5	3.50E-01	0.8	6	10	2	6	460	469800	252.4	32	36	120
349	8	4	1	20	50	0.21	12	3.00E-01	0.5	5.81	15	6	6	460	479200	263.9	40	45	160
350	5	2	1	30	45	0.09	24	3.50E-01	0.8	9.3	10	3	2	320	316800	163.5	15	18	78



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ESTRUTURAS



INDIVÍDUO	NX	NY	DL	FCKCM L	FCKCP M	HL	LLJ	HV	BV	LLV	NA	NB	NPT	Volume de Concreto	Custo		QDV	QDP	QDL
															Total	Estrutura/m ²			
351	7	6	1	30	40	0.13	8	3.00E-01	0.6	6.64	5	2	0	410	393400	208.3	49	56	230
352	5	7	0	25	50	0.2	9.3	3.00E-01	0.7	6.86	14	12	6	480	506100	277.3	42	48	200
353	5	8	0	25	40	0.21	9.3	3.50E-01	0.4	6	13	0	2	480	438500	237.8	48	54	200
354	5	2	1	25	40	0.21	24	2.50E-01	0.8	9.3	8	4	6	440	395900	212.4	15	18	78
355	4	4	0	30	45	0.09	11.62	2.50E-01	0.6	12	17	2	2	320	333400	173	20	25	160
356	4	5	1	30	35	0.09	9.6	2.50E-01	0.5	11.62	6	2	4	320	333500	173.1	24	30	190
357	4	4	1	30	45	0.21	12	2.00E-01	0.7	11.62	15	0	0	450	452500	243.8	20	25	160
358	4	3	1	25	40	0.13	16	2.50E-01	0.9	11.62	23	0	0	380	357300	188.9	16	20	120
359	5	2	1	25	35	0.26	24	2.50E-01	0.9	9.3	14	8	6	530	510000	280.3	15	18	78
360	4	4	1	25	35	0.2	12	2.00E-01	0.6	11.62	13	2	2	430	395300	211.8	20	25	160
361	3	7	0	35	35	0.26	15.5	3.00E-01	0.5	6.86	15	4	2	540	508800	276.3	28	32	120
362	5	7	0	35	45	0.21	9.3	3.50E-01	0.4	6.86	8	6	0	470	549400	300.2	42	48	200
363	4	8	0	25	45	0.21	11.62	2.50E-01	0.4	6	13	12	4	440	440300	239	40	45	160
364	5	3	0	30	40	0.2	9.3	4.00E-01	0.6	16	4	3	4	490	525100	286.9	18	24	200
365	6	3	0	30	50	0.13	7.75	3.50E-01	0.5	16	8	5	4	410	442700	237.9	21	28	240
366	7	4	1	30	40	0.13	12	3.50E-01	0.8	6.64	13	2	4	400	381000	201	35	40	160
367	3	5	0	25	50	0.13	15.5	2.50E-01	0.4	9.6	10	6	2	340	345200	182.6	20	24	120
368	7	2	1	30	40	0.26	24	2.00E-01	0.6	6.64	14	0	2	520	473200	257	21	24	78
369	6	2	1	35	40	0.09	24	2.50E-01	0.7	7.75	13	6	0	300	306400	155.7	18	21	78
370	6	8	0	25	40	0.17	7.75	4.00E-01	0.5	6	5	0	2	480	447400	242.6	56	63	240
371	4	3	1	35	50	0.13	16	3.50E-01	0.4	11.62	13	6	0	360	375000	196.8	16	20	120
372	4	2	1	35	40	0.26	24	4.00E-01	0.8	11.62	7	4	6	550	508500	275.9	12	15	78
373	7	3	1	20	50	0.26	16	4.00E-01	0.6	6.64	10	6	4	560	535200	297.3	28	32	120
374	8	2	1	25	40	0.26	24	3.50E-01	0.7	5.81	10	8	0	530	503000	276.4	24	27	78
375	7	6	1	20	35	0.17	8	4.00E-01	0.8	6.64	10	6	2	510	487200	267.4	49	56	230
376	6	8	0	25	50	0.26	7.75	3.00E-01	0.5	6	15	8	6	580	678700	380.5	56	63	240
377	8	4	1	20	50	0.17	12	3.00E-01	0.5	5.81	8	2	6	410	422700	230.2	40	45	160
378	4	2	1	25	35	0.13	24	3.50E-01	0.8	11.62	15	10	6	360	365100	194.1	12	15	78
379	3	5	1	25	35	0.2	9.6	2.50E-01	0.8	15.5	8	0	4	470	418800	224.9	18	24	190
380	3	4	0	30	35	0.26	15.5	3.50E-01	0.4	12	13	0	4	530	491100	267.7	16	20	120
381	3	8	0	35	45	0.26	15.5	3.00E-01	0.8	6	15	6	0	560	569500	311.9	32	36	120
382	4	4	0	30	45	0.13	11.62	2.00E-01	0.9	12	15	0	0	380	394600	208.7	20	25	160
383	3	8	0	25	45	0.17	15.5	3.50E-01	0.8	6	10	5	6	430	407100	218.7	32	36	120
384	7	3	1	20	45	0.2	16	2.50E-01	0.7	6.64	7	6	2	440	437900	239.1	28	32	120
385	7	3	1	25	50	0.21	16	2.00E-01	0.5	6.64	15	4	4	430	465600	254.2	28	32	120



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ESTRUTURAS



INDIVÍDUO	NX	NY	DL	FCKCM L	FCKCP M	HL	LLJ	HV	BV	LLV	NA	NB	NPT	Volume de Concreto	Custo		QDV	QDP	QDL
															Total	Estrutura/m ²			
386	5	2	1	30	35	0.21	24	2.00E-01	0.7	9.3	14	6	4	430	393500	209.3	15	18	78
387	8	3	1	25	50	0.2	16	3.00E-01	0.6	5.81	17	8	2	430	528700	291.6	32	36	120
388	7	4	1	30	40	0.13	12	2.00E-01	0.5	6.64	15	2	2	350	331400	172.2	35	40	160
389	4	8	0	20	35	0.2	11.62	4.00E-01	0.7	6	19	4	4	480	448700	245.2	40	45	160
390	2	7	0	25	50	0.26	23.25	2.00E-01	0.8	6.86	17	14	0	530	555800	307.8	21	24	80
391	3	4	0	25	50	0.13	15.5	2.50E-01	0.9	12	6	4	6	380	385700	205.8	16	20	120
392	4	7	0	20	40	0.2	11.62	2.00E-01	0.9	6.86	14	6	4	450	423200	229.6	35	40	160
393	5	8	0	30	35	0.21	9.3	3.00E-01	0.8	6	7	0	6	510	457800	246.4	48	54	200
394	3	4	1	25	50	0.13	12	3.00E-01	0.8	15.5	12	6	2	400	422200	227.4	15	20	160
395	6	3	0	30	40	0.21	7.75	2.00E-01	0.9	16	14	8	6	500	503100	272.5	21	28	240
396	4	7	0	30	35	0.13	11.62	2.50E-01	0.6	6.86	17	12	2	370	408600	217.9	35	40	160
397	2	8	0	20	40	0.21	23.25	3.00E-01	0.8	6	10	2	6	450	391600	211.7	24	27	80
398	4	8	0	25	40	0.13	11.62	2.50E-01	0.4	6	13	4	2	360	362600	192.7	40	45	160
399	6	3	0	35	40	0.17	7.75	3.00E-01	0.4	16	13	0	6	430	435000	231.8	21	28	240
400	7	6	1	20	45	0.09	8	4.00E-01	0.4	6.64	8	6	2	360	373900	201	49	56	230
401	6	4	0	35	35	0.13	7.75	2.00E-01	0.4	12	4	3	2	360	369900	193	28	35	240
402	6	4	0	25	45	0.09	7.75	2.00E-01	0.4	12	6	5	4	310	331300	173.7	28	35	240
403	4	3	0	25	40	0.21	11.62	2.50E-01	0.9	16	15	14	4	490	463100	251.4	15	20	160
404	3	8	0	25	45	0.17	15.5	2.50E-01	0.4	6	10	2	6	380	360500	191.7	32	36	120
405	4	3	1	35	40	0.13	16	2.00E-01	0.9	11.62	23	8	2	360	384200	201.2	16	20	120
406	2	8	0	35	45	0.2	23.25	2.00E-01	0.8	6	19	8	0	420	403400	213.3	24	27	80
407	6	1	1	35	45	0.26	48	3.50E-01	0.8	7.75	21	14	2	510	506300	275	12	14	39
408	2	7	0	30	45	0.26	23.25	3.00E-01	0.4	6.86	13	12	2	520	498600	272.4	21	24	80
409	4	4	0	35	45	0.13	11.62	2.50E-01	0.4	12	6	0	0	350	321700	164.8	20	25	160
410	6	2	1	25	50	0.09	24	2.00E-01	0.9	7.75	6	0	2	300	295000	152.2	18	21	78
411	3	4	1	35	40	0.26	12	2.50E-01	0.8	15.5	21	6	6	560	545000	296.8	15	20	160
412	4	3	1	35	50	0.09	16	3.00E-01	0.4	11.62	10	4	2	310	320900	164.6	16	20	120
413	2	8	0	35	50	0.21	23.25	2.50E-01	0.6	6	8	7	4	430	426500	227.3	24	27	80
414	3	7	0	25	35	0.17	15.5	3.00E-01	0.5	6.86	12	10	0	410	389100	208.6	28	32	120
415	5	7	0	30	45	0.13	9.3	2.50E-01	0.4	6.86	5	4	4	370	380600	201.5	42	48	200
416	3	5	1	30	45	0.2	9.6	2.50E-01	0.7	15.5	14	7	0	460	550200	301.7	18	24	190
417	5	3	0	35	40	0.09	9.3	2.50E-01	0.7	16	16	14	2	340	373900	194.6	18	24	200
418	3	4	1	30	40	0.13	12	3.00E-01	0.6	15.5	17	6	0	380	402600	214.3	15	20	160
419	2	8	0	35	35	0.26	23.25	3.50E-01	0.8	6	3	2	4	540	487000	263.1	24	27	80
420	4	2	1	30	40	0.13	24	3.00E-01	0.8	11.62	14	2	2	360	349800	183.2	12	15	78



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ESTRUTURAS



INDIVÍDUO	NX	NY	DL	FCKCM L	FCKCP M	HL	LLJ	HV	BV	LLV	NA	NB	NPT	Volume de Concreto	Custo	Custo	QDV	QDP	QDL
															Total	Estrutura/m ²			
421	4	4	1	20	35	0.17	12	2.00E-01	0.4	11.62	13	4	0	390	380100	205	20	25	160
422	6	1	1	35	35	0.26	48	3.00E-01	0.8	7.75	21	14	4	510	471800	254.5	12	14	39
423	4	2	1	35	50	0.2	24	3.50E-01	0.6	11.62	10	6	4	420	476900	257.4	12	15	78
424	3	6	1	35	45	0.26	8	3.00E-01	0.4	15.5	7	0	6	560	537800	293.1	21	28	230
425	6	8	0	25	50	0.2	7.75	2.00E-01	0.6	6	8	8	4	460	501600	274.6	56	63	240
426	3	4	1	30	35	0.21	12	2.50E-01	0.7	15.5	10	3	6	470	433700	232.6	15	20	160
427	8	4	1	25	45	0.17	12	3.50E-01	0.5	5.81	15	0	0	420	420300	226.9	40	45	160
428	3	8	0	35	40	0.13	15.5	4.00E-01	0.4	6	13	10	6	360	362200	189.1	32	36	120
429	3	5	1	30	45	0.26	9.6	2.00E-01	0.8	15.5	12	5	0	570	571400	314	18	24	190
430	3	5	1	25	45	0.21	9.6	2.00E-01	0.7	15.5	7	2	6	460	426600	229.9	18	24	190
431	7	2	1	20	50	0.17	24	4.00E-01	0.5	6.64	5	2	6	390	399300	216.7	21	24	78
432	2	7	0	35	50	0.2	23.25	4.00E-01	0.5	6.86	3	2	6	430	416100	221.3	21	24	80
433	3	6	1	35	50	0.21	8	2.00E-01	0.5	15.5	13	4	0	460	473300	254.3	21	28	230
434	5	8	0	30	50	0.17	9.3	2.50E-01	0.5	6	15	4	0	420	415300	221.9	48	54	200
435	4	3	0	25	50	0.17	11.62	2.50E-01	0.7	16	18	2	0	420	421800	227.3	15	20	160
436	2	4	0	20	40	0.09	23.25	3.00E-01	0.6	12	14	0	2	300	281400	146.2	12	15	80
437	3	6	1	35	50	0.13	8	2.50E-01	0.4	15.5	10	7	4	370	396200	208.8	21	28	230
438	6	1	1	20	45	0.21	48	2.50E-01	0.8	7.75	20	8	4	420	378300	204.1	12	14	39
439	3	3	0	25	45	0.17	15.5	3.00E-01	0.8	16	12	5	4	420	417500	224.9	12	16	120
440	6	1	1	25	40	0.17	48	3.00E-01	0.8	7.75	15	8	0	380	328100	172.4	12	14	39
441	8	4	1	25	40	0.09	12	2.50E-01	0.8	5.81	14	5	6	330	330100	172.6	40	45	160
442	5	2	1	20	35	0.17	24	2.00E-01	0.5	9.3	14	6	4	380	385000	208.1	15	18	78
443	2	4	0	20	35	0.26	23.25	2.50E-01	0.9	12	15	0	4	530	540600	300.3	12	15	80
444	4	8	0	25	45	0.13	11.62	3.50E-01	0.5	6	7	0	2	380	378300	201.9	40	45	160
445	1	6	0	25	50	0.2	46.5	3.50E-01	0.8	8	8	7	2	410	483300	264.9	12	14	40
446	1	6	0	25	40	0.26	46.5	3.50E-01	0.5	8	15	2	0	500	477900	261.9	12	14	40
447	6	3	0	30	35	0.21	7.75	2.00E-01	0.6	16	5	2	4	470	492400	267.1	21	28	240
448	8	4	1	25	35	0.13	12	2.00E-01	0.7	5.81	16	8	2	360	368500	195.7	40	45	160
449	5	2	1	30	35	0.2	24	2.00E-01	0.5	9.3	15	2	0	400	465700	252.7	15	18	78
450	6	2	1	20	45	0.09	24	2.00E-01	0.4	7.75	5	2	6	290	289900	151.6	18	21	78
451	2	7	0	30	35	0.17	23.25	2.50E-01	0.6	6.86	14	13	4	390	394700	210.2	21	24	80
452	4	2	1	25	35	0.26	24	2.00E-01	0.8	11.62	21	10	4	520	511400	281.2	12	15	78
453	5	1	1	25	40	0.17	48	4.00E-01	0.8	9.3	17	0	4	390	356500	189.3	10	12	39
454	5	2	0	30	35	0.13	9.3	4.00E-01	0.8	24	18	14	6	450	497000	269.6	12	18	200
455	2	7	0	30	40	0.13	23.25	3.50E-01	0.6	6.86	17	6	0	350	368100	194.3	21	24	80



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ESTRUTURAS



INDIVÍDUO	NX	NY	DL	FCKCM L	FCKCP M	HL	LLJ	HV	BV	LLV	NA	NB	NPT	Volume de Concreto	Custo	Custo	QDV	QDP	QDL
															Total	Estrutura/m ²			
456	7	3	1	20	40	0.09	16	3.00E-01	0.8	6.64	4	3	4	320	311100	163.4	28	32	120
457	3	6	1	25	35	0.09	8	2.00E-01	0.6	15.5	14	13	4	330	386500	206	21	28	230
458	3	5	1	35	40	0.2	9.6	2.50E-01	0.4	15.5	10	8	4	430	506900	275	18	24	190
459	2	8	0	20	50	0.2	23.25	3.50E-01	0.4	6	13	12	2	410	407400	221.6	24	27	80
460	5	8	0	20	35	0.09	9.3	3.50E-01	0.8	6	19	12	6	380	414200	224.2	48	54	200
461	5	2	0	20	40	0.13	9.3	4.00E-01	0.7	24	7	4	6	430	419200	227.3	12	18	200
462	3	4	1	20	45	0.2	12	2.50E-01	0.5	15.5	8	0	0	430	415100	225.7	15	20	160
463	1	5	0	25	40	0.2	46.5	3.00E-01	0.8	9.6	10	2	4	400	361800	192.4	10	12	40
464	3	8	0	35	35	0.13	15.5	2.50E-01	0.8	6	7	2	6	360	341900	176.2	32	36	120
465	7	3	1	30	45	0.09	16	2.00E-01	0.5	6.64	8	5	4	290	313500	161.7	28	32	120
466	6	2	0	30	35	0.21	7.75	3.50E-01	0.7	24	8	4	4	530	516400	281.1	14	21	240
467	5	1	1	35	35	0.26	48	4.00E-01	0.5	9.3	15	0	4	500	467500	252.2	10	12	39
468	2	6	1	20	35	0.21	8	4.00E-01	0.4	23.25	6	4	2	500	452900	248	14	21	230
469	6	2	0	35	50	0.09	7.75	3.50E-01	0.7	24	7	0	6	390	417800	220.5	14	21	240
470	3	3	0	35	50	0.21	15.5	3.00E-01	0.6	16	12	5	4	450	514700	279.5	12	16	120
471	3	4	1	30	40	0.2	12	2.00E-01	0.6	15.5	6	5	2	430	417900	223.4	15	20	160
472	5	3	0	20	35	0.21	9.3	2.00E-01	0.4	16	13	0	2	440	414200	225.1	18	24	200
473	7	1	1	35	40	0.26	48	2.00E-01	0.8	6.64	13	12	2	500	470400	253.7	14	16	39
474	6	2	0	30	40	0.21	7.75	3.50E-01	0.8	24	6	0	6	550	579600	318.4	14	21	240
475	3	3	1	30	45	0.09	16	2.50E-01	0.7	15.5	16	12	4	310	344100	179.5	12	16	120
476	3	2	1	20	50	0.17	24	3.00E-01	0.8	15.5	17	4	6	400	401400	217.5	9	12	78
477	5	2	0	25	40	0.09	9.3	4.00E-01	0.4	24	7	6	6	350	352500	186.5	12	18	200
478	1	6	0	25	40	0.13	46.5	3.00E-01	0.6	8	17	0	0	330	330000	173.7	12	14	40
479	4	2	1	35	40	0.13	24	2.50E-01	0.5	11.62	6	3	4	340	338200	174.9	12	15	78
480	2	6	1	25	50	0.17	8	3.00E-01	0.7	23.25	13	4	4	470	486500	265.3	14	21	230
481	6	2	0	35	50	0.26	7.75	3.50E-01	0.7	24	8	5	2	620	633400	348.9	14	21	240
482	3	2	1	20	35	0.17	24	3.50E-01	0.5	15.5	15	2	4	380	362700	194.8	9	12	78
483	6	1	1	30	50	0.26	48	2.00E-01	0.6	7.75	17	6	6	490	480900	261.9	12	14	39
484	4	8	0	30	50	0.09	11.62	4.00E-01	0.5	6	15	2	2	340	369600	194.9	40	45	160
485	1	5	0	30	45	0.17	46.5	2.50E-01	0.8	9.6	21	14	4	370	360400	189.8	10	12	40
486	3	3	0	35	35	0.17	15.5	2.50E-01	0.6	16	10	4	0	400	410300	217.3	12	16	120
487	3	2	1	35	35	0.21	24	2.50E-01	0.8	15.5	16	8	6	430	397900	210	9	12	78
488	6	2	0	30	50	0.21	7.75	3.50E-01	0.5	24	14	10	4	500	563000	309.6	14	21	240
489	6	1	1	20	40	0.2	48	2.00E-01	0.7	7.75	18	6	4	390	445000	243.9	12	14	39
490	6	1	1	35	45	0.17	48	2.00E-01	0.8	7.75	21	0	6	370	383200	201.7	12	14	39



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ESTRUTURAS



INDIVÍDUO	NX	NY	DL	FCKCM L	FCKCP M	HL	LLJ	HV	BV	LLV	NA	NB	NPT	Volume de Concreto	Custo		QDV	QDP	QDL
															Total	Estrutura/m ²			
491	2	4	0	35	40	0.17	23.25	2.00E-01	0.5	12	13	12	6	370	354500	184.6	12	15	80
492	4	3	0	35	35	0.26	11.62	2.00E-01	0.5	16	15	14	2	530	578200	317.3	15	20	160
493	4	7	1	30	40	0.13	6.86	2.00E-01	0.4	11.62	12	3	0	370	371900	195.9	32	40	270
494	5	2	0	30	40	0.09	9.3	3.00E-01	0.8	24	15	8	4	360	389400	205.5	12	18	200
495	4	1	1	25	35	0.21	48	3.00E-01	0.8	11.62	21	10	2	420	379700	203.1	8	10	39
496	1	7	0	35	35	0.26	46.5	2.50E-01	0.8	6.86	13	6	4	510	531200	289.8	14	16	40
497	4	1	1	25	40	0.2	48	4.00E-01	0.5	11.62	8	3	0	400	361900	192.7	8	10	39
498	6	2	0	20	50	0.13	7.75	3.50E-01	0.4	24	13	2	4	400	422000	229.6	14	21	240
499	5	1	1	30	45	0.17	48	3.00E-01	0.5	9.3	13	2	6	370	331600	173	10	12	39
500	4	1	1	20	40	0.17	48	4.00E-01	0.5	11.62	15	8	6	370	334800	178.4	8	10	39
501	3	3	0	35	35	0.13	15.5	2.00E-01	0.9	16	12	10	4	360	386100	202.2	12	16	120
502	5	3	0	25	45	0.09	9.3	2.00E-01	0.4	16	10	7	6	300	335600	176.4	18	24	200
503	3	8	0	20	45	0.09	15.5	3.00E-01	0.8	6	21	4	4	320	354800	189.4	32	36	120
504	6	2	0	30	35	0.13	7.75	2.50E-01	0.9	24	16	10	2	430	458100	245.7	14	21	240
505	3	3	0	30	45	0.26	15.5	3.00E-01	0.4	16	4	3	2	520	513600	281.1	12	16	120
506	1	6	0	35	35	0.17	46.5	2.50E-01	0.4	8	13	2	2	360	365600	191.6	12	14	40
507	5	2	0	20	45	0.21	9.3	3.50E-01	0.4	24	6	3	0	470	441800	241.5	12	18	200
508	4	2	1	20	35	0.09	24	2.00E-01	0.5	11.62	10	0	0	280	260700	134	12	15	78
509	5	2	0	30	45	0.17	9.3	3.50E-01	0.5	24	6	2	6	440	457700	247.1	12	18	200
510	4	1	1	25	40	0.2	48	3.00E-01	0.6	11.62	17	8	6	390	351600	186.5	8	10	39
511	2	4	1	20	45	0.13	12	3.00E-01	0.7	23.25	13	6	2	380	373800	200.6	10	15	160
512	4	2	0	20	40	0.17	11.62	3.00E-01	0.7	24	18	10	2	430	419100	227.5	10	15	160
513	4	7	1	35	40	0.21	6.86	2.00E-01	0.6	11.62	7	4	2	480	468900	251.1	32	40	270
514	3	2	1	25	50	0.09	24	2.50E-01	0.8	15.5	13	0	6	300	293300	151.2	9	12	78
515	6	2	0	35	50	0.21	7.75	2.50E-01	0.8	24	18	12	6	510	632500	348	14	21	240
516	3	8	0	35	45	0.09	15.5	3.00E-01	0.5	6	7	4	0	310	300800	152.3	32	36	120
517	4	2	0	25	40	0.2	11.62	3.50E-01	0.6	24	8	2	6	460	497000	272.3	10	15	160
518	5	2	0	30	45	0.13	9.3	3.00E-01	0.5	24	14	7	4	380	390800	207.2	12	18	200
519	2	5	1	20	35	0.21	9.6	2.50E-01	0.6	23.25	17	4	6	470	461000	252.5	12	18	190
520	1	6	0	35	45	0.13	46.5	2.00E-01	0.6	8	17	6	6	320	332400	171.6	12	14	40
521	8	1	1	30	35	0.26	48	4.00E-01	0.5	5.81	12	7	0	510	528000	290	16	18	39
522	6	1	1	20	50	0.13	48	2.50E-01	0.4	7.75	10	0	4	320	327200	174	12	14	39
523	3	2	1	30	40	0.09	24	2.50E-01	0.7	15.5	3	0	0	290	280300	141.9	9	12	78
524	2	5	1	30	40	0.13	9.6	2.50E-01	0.7	23.25	19	12	6	390	424400	226.7	12	18	190
525	5	2	0	30	45	0.13	9.3	3.00E-01	0.5	24	14	10	6	380	412800	220.3	12	18	200



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ESTRUTURAS



INDIVÍDUO	NX	NY	DL	FCKCM L	FCKCP M	HL	LLJ	HV	BV	LLV	NA	NB	NPT	Volume de Concreto	Custo		QDV	QDP	QDL
															Total	Estrutura/m ²			
526	6	2	0	20	45	0.26	7.75	2.50E-01	0.6	24	4	3	2	580	554700	308	14	21	240
527	7	5	0	25	50	0.2	6.64	2.50E-01	0.4	9.6	13	2	2	460	487900	266.9	40	48	280
528	5	2	0	30	35	0.17	9.3	2.50E-01	0.6	24	13	12	2	430	433100	232.1	12	18	200
529	4	2	0	30	40	0.26	11.62	2.50E-01	0.9	24	20	10	6	570	564700	310.1	10	15	160
530	2	6	1	25	45	0.2	8	2.00E-01	0.6	23.25	15	14	0	450	471500	256.6	14	21	230
531	3	1	1	20	35	0.26	48	4.00E-01	0.8	15.5	6	0	0	510	439300	240.4	6	8	39
532	4	2	0	35	50	0.26	11.62	3.00E-01	0.7	24	18	4	0	560	589500	323.5	10	15	160
533	3	2	0	25	50	0.26	15.5	3.50E-01	0.8	24	5	2	0	560	543600	300	8	12	120
534	5	7	1	30	45	0.21	6.86	2.50E-01	0.6	9.3	15	0	4	500	520800	283.9	40	48	270
535	4	7	1	30	50	0.26	6.86	2.00E-01	0.6	11.62	13	12	2	570	597600	329.6	32	40	270
536	4	2	0	25	45	0.17	11.62	2.50E-01	0.7	24	14	5	6	420	407100	218.5	10	15	160
537	5	7	1	35	40	0.26	6.86	2.00E-01	0.4	9.3	14	13	6	550	568100	311	40	48	270
538	6	7	1	35	40	0.26	6.86	2.50E-01	0.8	7.75	7	2	6	620	584900	319.4	48	56	270
539	5	2	0	35	35	0.26	9.3	2.50E-01	0.6	24	14	2	2	560	547900	298.7	12	18	200
540	5	2	0	35	50	0.13	9.3	2.50E-01	0.7	24	8	2	2	390	420800	222.6	12	18	200
541	6	7	1	25	40	0.09	6.86	4.00E-01	0.6	7.75	10	4	6	410	411400	220.6	48	56	270
542	7	5	0	20	40	0.17	6.64	2.50E-01	0.8	9.6	6	5	4	480	455200	247.8	40	48	280
543	2	5	1	30	35	0.21	9.6	2.00E-01	0.7	23.25	14	4	4	470	466800	252	12	18	190
544	5	2	0	25	40	0.2	9.3	3.00E-01	0.4	24	13	10	4	440	496600	272.4	12	18	200
545	7	4	0	25	40	0.13	6.64	4.00E-01	0.4	12	13	6	2	420	432800	234	32	40	280
546	4	1	1	30	40	0.26	48	3.00E-01	0.5	11.62	7	2	2	490	436000	235.2	8	10	39
547	7	6	0	35	35	0.09	6.64	3.50E-01	0.7	8	7	2	2	410	410900	216	48	56	280
548	4	1	1	30	35	0.21	48	2.00E-01	0.8	11.62	17	8	6	410	381100	202.1	8	10	39
549	5	2	0	30	45	0.13	9.3	3.00E-01	0.4	24	13	0	4	370	400300	213.2	12	18	200
550	7	4	0	25	40	0.17	6.64	3.00E-01	0.8	12	8	7	0	500	456500	246.6	32	40	280
551	6	2	0	20	45	0.21	7.75	2.00E-01	0.6	24	12	8	6	470	497700	274.1	14	21	240
552	7	1	1	20	50	0.21	48	2.50E-01	0.7	6.64	14	10	6	420	392400	212.6	14	16	39
553	7	4	0	25	40	0.2	6.64	3.00E-01	0.4	12	13	8	2	470	522900	287.7	32	40	280
554	3	2	0	25	45	0.21	15.5	3.00E-01	0.8	24	14	2	2	460	495000	271	8	12	120
555	5	7	1	35	35	0.2	6.86	2.00E-01	0.6	9.3	14	2	4	460	543600	295.6	40	48	270
556	6	7	1	20	45	0.2	6.86	2.00E-01	0.6	7.75	14	10	6	470	529100	292.6	48	56	270
557	8	4	0	25	35	0.09	5.81	3.50E-01	0.4	12	13	0	6	370	388200	207.2	36	45	320
558	3	2	0	30	40	0.2	15.5	2.50E-01	0.9	24	6	3	2	440	416500	222.2	8	12	120
559	6	7	1	20	50	0.2	6.86	3.00E-01	0.4	7.75	8	6	2	470	557300	310.1	48	56	270
560	7	4	0	30	50	0.17	6.64	3.00E-01	0.4	12	14	13	2	440	467300	252.7	32	40	280



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ESTRUTURAS



INDIVÍDUO	NX	NY	DL	FCKCM L	FCKCP M	HL	LLJ	HV	BV	LLV	NA	NB	NPT	Volume de Concreto	Custo		QDV	QDP	QDL
															Total	Estrutura/m ²			
561	4	7	1	20	35	0.26	6.86	2.50E-01	0.7	11.62	19	0	2	600	617500	345	32	40	270
562	6	7	1	35	45	0.26	6.86	2.00E-01	0.8	7.75	10	6	0	600	625200	343.4	48	56	270
563	3	1	1	20	40	0.09	48	4.00E-01	0.7	15.5	5	2	6	290	263800	135.9	6	8	39
564	2	6	1	30	50	0.09	8	2.00E-01	0.8	23.25	14	12	6	350	414400	220	14	21	230
565	3	8	1	25	35	0.09	6	3.00E-01	0.6	15.5	17	0	0	380	408300	218.4	27	36	310
566	3	1	1	35	35	0.26	48	3.50E-01	0.7	15.5	18	14	2	500	458900	246.8	6	8	39
567	2	6	1	30	45	0.26	8	2.00E-01	0.5	23.25	15	10	6	550	596700	329.7	14	21	230
568	8	4	0	30	45	0.09	5.81	2.00E-01	0.5	12	15	8	0	340	411800	219	36	45	320
569	5	8	1	25	40	0.09	6	3.50E-01	0.7	9.3	5	4	4	420	421300	225.8	45	54	310
570	4	7	1	25	50	0.2	6.86	3.00E-01	0.8	11.62	7	4	4	520	563800	310.6	32	40	270
571	8	4	0	25	45	0.2	5.81	2.50E-01	0.4	12	13	6	2	470	503400	275.9	36	45	320
572	8	1	1	35	50	0.21	48	3.00E-01	0.6	5.81	17	2	2	420	391100	206.6	16	18	39
573	3	8	1	25	35	0.13	6	3.00E-01	0.6	15.5	14	4	0	430	442700	238.9	27	36	310
574	3	2	0	30	40	0.09	15.5	2.50E-01	0.9	24	21	10	4	320	346100	180.2	8	12	120
575	3	8	1	35	40	0.26	6	3.00E-01	0.5	15.5	12	8	2	610	606000	332.9	27	36	310
576	5	7	1	20	35	0.21	6.86	4.00E-01	0.5	9.3	15	8	2	530	534500	296.2	40	48	270
577	2	2	1	30	35	0.21	24	3.50E-01	0.6	23.25	10	2	4	430	387200	205.7	6	9	78
578	3	1	1	30	35	0.2	48	4.00E-01	0.5	15.5	14	7	4	390	418700	224.8	6	8	39
579	3	2	0	20	45	0.17	15.5	2.50E-01	0.8	24	14	4	4	410	430100	234.2	8	12	120
580	3	2	0	25	50	0.26	15.5	4.00E-01	0.4	24	6	6	2	530	531900	293.7	8	12	120
581	5	2	0	20	50	0.17	9.3	2.50E-01	0.4	24	13	4	0	410	435800	237.9	12	18	200
582	7	4	0	30	50	0.26	6.64	3.50E-01	0.5	12	15	0	6	600	674400	375.7	32	40	280
583	8	6	0	20	50	0.26	5.81	2.00E-01	0.4	8	14	7	6	570	627200	351.5	54	63	320
584	4	2	0	35	40	0.2	11.62	2.00E-01	0.6	24	14	12	0	430	420900	223.3	10	15	160
585	5	8	1	20	35	0.2	6	2.00E-01	0.5	9.3	15	10	2	470	495200	272.6	45	54	310
586	4	8	1	25	40	0.13	6	2.00E-01	0.7	11.62	19	10	2	410	468000	253.6	36	45	310
587	2	7	1	20	45	0.13	6.86	3.50E-01	0.6	23.25	14	13	0	440	487900	268	16	24	270
588	8	3	0	20	35	0.13	5.81	2.50E-01	0.8	16	19	0	0	440	458300	249.3	27	36	320
589	8	5	0	35	40	0.17	5.81	4.00E-01	0.7	9.6	6	4	2	550	500100	268.8	45	54	320
590	4	2	0	35	35	0.09	11.62	2.00E-01	0.8	24	14	13	2	320	346600	178.5	10	15	160
591	2	8	1	35	35	0.17	6	3.50E-01	0.4	23.25	13	12	6	460	532900	289.8	18	27	310
592	2	5	1	25	40	0.17	9.6	2.00E-01	0.4	23.25	7	2	4	400	375200	200.1	12	18	190
593	6	8	1	30	35	0.26	6	3.00E-01	0.8	7.75	5	4	2	660	628500	347	54	63	310
594	5	8	1	20	40	0.09	6	4.00E-01	0.8	9.3	14	0	4	460	463700	252.7	45	54	310
595	1	4	0	25	50	0.2	46.5	2.00E-01	0.5	12	14	12	6	380	380700	204	8	10	40



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ESTRUTURAS



INDIVÍDUO	NX	NY	DL	FCKCM L	FCKCP M	HL	LLJ	HV	BV	LLV	NA	NB	NPT	Volume de Concreto	Custo		QDV	QDP	QDL
															Total	Estrutura/m ²			
596	1	3	0	25	40	0.13	46.5	3.00E-01	0.7	16	19	14	4	330	321800	168.6	6	8	40
597	5	8	1	25	35	0.13	6	2.50E-01	0.7	9.3	14	13	0	430	478500	259.9	45	54	310
598	3	1	1	30	40	0.26	48	4.00E-01	0.5	15.5	8	3	6	500	510500	279.5	6	8	39
599	2	2	0	35	50	0.13	23.25	3.50E-01	0.6	24	17	10	6	350	383900	201.9	6	9	80
600	1	7	0	30	50	0.13	46.5	3.00E-01	0.6	6.86	16	4	4	330	325300	169.1	14	16	40
601	8	5	0	30	35	0.17	5.81	2.50E-01	0.5	9.6	13	12	4	460	512600	279.1	45	54	320
602	8	5	0	30	50	0.2	5.81	2.00E-01	0.8	9.6	18	4	4	510	565300	309.2	45	54	320
603	6	8	1	30	35	0.17	6	3.00E-01	0.8	7.75	16	4	0	520	514200	278.8	54	63	310
604	4	8	1	20	50	0.09	6	3.50E-01	0.6	11.62	17	10	2	400	478400	262.2	36	45	310
605	8	5	0	25	35	0.2	5.81	3.00E-01	0.8	9.6	8	6	4	550	525800	287.6	45	54	320
606	7	3	0	25	40	0.2	6.64	4.00E-01	0.8	16	19	12	6	570	591100	326.9	24	32	280
607	6	8	1	25	40	0.2	6	4.00E-01	0.6	7.75	16	0	4	550	561600	309.9	54	63	310
608	8	6	0	25	40	0.21	5.81	4.00E-01	0.5	8	13	8	2	560	559400	308.9	54	63	320
609	6	8	1	20	45	0.2	6	4.00E-01	0.8	7.75	6	4	6	590	572400	317.5	54	63	310
610	8	4	0	20	35	0.2	5.81	3.00E-01	0.8	12	10	10	2	550	558100	308.7	36	45	320
611	8	1	1	25	50	0.17	48	2.50E-01	0.8	5.81	4	3	6	380	365600	194.8	16	18	39
612	3	8	1	35	50	0.17	6	3.50E-01	0.5	15.5	4	3	2	480	465500	249.2	27	36	310
613	1	3	0	20	45	0.13	46.5	3.50E-01	0.4	16	14	13	2	320	326900	173.7	6	8	40
614	6	8	1	30	35	0.26	6	2.00E-01	0.8	7.75	17	14	6	610	666300	369.5	54	63	310
615	3	1	1	35	35	0.26	48	2.00E-01	0.9	15.5	13	4	2	500	462200	248.6	6	8	39
616	3	2	0	20	40	0.21	15.5	2.50E-01	0.5	24	12	6	6	430	484900	267.4	8	12	120
617	5	8	1	20	50	0.21	6	3.00E-01	0.7	9.3	18	8	2	550	600700	334.7	45	54	310
618	3	2	0	30	50	0.26	15.5	2.00E-01	0.8	24	17	0	6	530	587300	324.2	8	12	120
619	3	8	1	20	45	0.17	6	2.00E-01	0.5	15.5	5	0	0	430	427600	232.2	27	36	310
620	8	5	0	20	35	0.2	5.81	4.00E-01	0.8	9.6	18	6	0	600	593700	330	45	54	320
621	4	1	1	20	40	0.09	48	2.00E-01	0.4	11.62	13	12	0	270	245700	125.4	8	10	39
622	3	8	1	25	50	0.21	6	3.50E-01	0.8	15.5	17	0	4	590	682300	380.9	27	36	310
623	5	7	1	30	45	0.2	6.86	2.00E-01	0.9	9.3	16	0	6	500	491700	265.4	40	48	270
624	2	2	1	30	50	0.26	24	3.50E-01	0.4	23.25	13	10	4	500	499700	273	6	9	78
625	6	8	1	35	35	0.2	6	4.00E-01	0.8	7.75	19	8	2	590	634100	348.3	54	63	310
626	1	6	1	35	35	0.13	8	4.00E-01	0.5	46.5	8	2	4	420	389500	204.3	7	14	230
627	5	8	1	30	45	0.21	6	2.50E-01	0.8	9.3	17	14	2	540	679300	377.2	45	54	310
628	1	5	1	30	35	0.09	9.6	3.50E-01	0.8	46.5	7	0	2	370	341500	176.9	6	12	190
629	2	8	1	20	40	0.21	6	3.00E-01	0.8	23.25	19	10	6	560	590900	328.4	18	27	310
630	1	6	1	35	40	0.09	8	3.50E-01	0.8	46.5	14	5	2	390	416200	219.1	7	14	230



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ESTRUTURAS



INDIVÍDUO	NX	NY	DL	FCKCM L	FCKCP M	HL	LLJ	HV	BV	LLV	NA	NB	NPT	Volume de Concreto	Custo		QDV	QDP	QDL
															Total	Estrutura/m ²			
631	8	2	0	30	50	0.21	5.81	4.00E-01	0.5	24	15	6	2	550	631100	349.7	18	27	320
632	8	2	0	25	50	0.26	5.81	2.00E-01	0.5	24	12	7	6	580	600800	333.5	18	27	320
633	5	1	0	25	35	0.17	9.3	4.00E-01	0.6	48	6	0	2	460	403200	216.1	6	12	200
634	1	6	1	30	50	0.2	8	3.50E-01	0.7	46.5	12	7	2	500	522900	285	7	14	230
635	3	8	1	25	45	0.2	6	3.00E-01	0.8	15.5	7	0	4	550	561400	308.9	27	36	310
636	1	2	0	25	40	0.09	46.5	3.50E-01	0.7	24	19	8	6	280	269700	137.6	4	6	40
637	5	1	0	20	45	0.13	9.3	4.00E-01	0.6	48	17	10	0	410	433400	236	6	12	200
638	1	6	1	25	50	0.2	8	3.50E-01	0.6	46.5	6	6	0	490	496300	271.4	7	14	230
639	1	6	1	30	50	0.26	8	4.00E-01	0.6	46.5	13	10	2	610	628900	348.5	7	14	230
640	8	2	0	30	45	0.2	5.81	4.00E-01	0.5	24	15	4	4	530	601500	332	18	27	320
641	2	8	1	20	40	0.21	6	4.00E-01	0.7	23.25	16	6	4	600	600800	334.7	18	27	310
642	8	2	0	20	35	0.26	5.81	2.00E-01	0.5	24	10	4	2	580	552600	306.7	18	27	320
643	5	8	1	25	45	0.17	6	2.00E-01	0.9	9.3	21	2	6	480	533000	291.6	45	54	310
644	7	2	0	35	40	0.2	6.64	4.00E-01	0.8	24	15	10	0	580	606400	332	16	24	280
645	2	7	1	25	50	0.21	6.86	4.00E-01	0.4	23.25	5	4	6	520	509500	279.8	16	24	270
646	6	7	1	35	45	0.21	6.86	2.50E-01	0.9	7.75	21	8	4	540	623900	342.2	48	56	270
647	7	3	0	20	50	0.26	6.64	2.00E-01	0.9	16	7	2	2	610	603600	335.9	24	32	280
648	6	1	0	20	50	0.09	7.75	3.00E-01	0.8	48	20	6	2	380	422900	228.8	7	14	240
649	1	6	1	30	45	0.26	8	4.00E-01	0.5	46.5	14	5	4	590	636000	353.1	7	14	230
650	1	6	1	30	40	0.17	8	2.50E-01	0.9	46.5	15	4	2	460	466400	250.6	7	14	230
651	7	2	0	20	40	0.2	6.64	2.00E-01	0.6	24	12	5	2	470	473800	259.6	16	24	280
652	8	2	0	35	35	0.17	5.81	2.50E-01	0.7	24	18	8	4	480	531800	287.6	18	27	320
653	2	1	1	30	50	0.2	48	3.50E-01	0.5	23.25	15	14	6	390	402500	215.2	4	6	39
654	1	5	1	20	45	0.09	9.6	2.50E-01	0.8	46.5	5	2	0	340	324400	170.5	6	12	190
655	1	2	0	30	45	0.2	46.5	2.50E-01	0.8	24	16	0	0	390	389400	207.1	4	6	40
656	3	1	0	35	35	0.21	15.5	4.00E-01	0.7	48	14	13	4	470	470300	252.8	4	8	120
657	1	2	0	20	40	0.2	46.5	3.00E-01	0.7	24	19	8	4	390	446500	244.7	4	6	40
658	2	1	1	25	40	0.21	48	3.00E-01	0.6	23.25	17	6	0	400	422000	228.4	4	6	39
659	2	1	1	30	50	0.17	48	2.50E-01	0.7	23.25	16	8	0	360	338100	176.6	4	6	39
660	4	1	0	35	50	0.17	11.62	3.00E-01	0.8	48	18	12	2	430	444600	236.8	5	10	160
661	1	3	1	30	45	0.21	16	4.00E-01	0.6	46.5	14	7	4	450	451400	243.6	4	8	120
662	2	8	1	25	35	0.2	6	4.00E-01	0.5	23.25	7	0	4	530	542800	299	18	27	310
663	7	2	0	25	45	0.09	6.64	3.00E-01	0.8	24	18	8	2	400	469500	254.3	16	24	280
664	7	2	0	20	40	0.17	6.64	2.50E-01	0.9	24	23	6	6	500	520700	286.5	16	24	280
665	1	5	1	20	35	0.17	9.6	2.50E-01	0.5	46.5	15	0	6	410	404000	218.7	6	12	190



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ESTRUTURAS



INDIVÍDUO	NX	NY	DL	FCKCM L	FCKCP M	HL	LLJ	HV	BV	LLV	NA	NB	NPT	Volume de Concreto	Custo	Custo	QDV	QDP	QDL
															Total	Estrutura/m ²			
666	3	1	0	35	35	0.17	15.5	3.00E-01	0.7	48	19	0	4	400	395000	207.9	4	8	120
667	1	4	1	25	40	0.21	12	3.00E-01	0.4	46.5	3	2	2	440	396300	212.8	5	10	160
668	1	2	1	30	45	0.17	24	4.00E-01	0.7	46.5	19	14	6	400	424300	227.6	3	6	78
669	8	2	0	35	40	0.21	5.81	2.00E-01	0.8	24	10	0	4	520	488100	261.1	18	27	320
670	8	2	0	30	35	0.09	5.81	2.00E-01	0.5	24	15	2	6	340	385100	203.1	18	27	320
671	3	1	0	30	35	0.13	15.5	2.50E-01	0.8	48	18	4	6	360	353500	184.9	4	8	120
672	4	1	0	20	35	0.2	11.62	2.00E-01	0.6	48	10	10	4	420	383600	206.6	5	10	160
673	1	4	1	35	40	0.13	12	2.00E-01	0.8	46.5	14	13	6	360	395500	207.6	5	10	160
674	4	1	0	25	35	0.21	11.62	2.00E-01	0.5	48	6	3	6	430	368900	196.2	5	10	160
675	4	1	0	25	45	0.26	11.62	2.00E-01	0.6	48	17	8	2	530	538300	296.9	5	10	160
676	1	4	1	35	50	0.21	12	2.00E-01	0.5	46.5	15	14	0	430	452600	242.4	5	10	160
677	4	1	0	25	45	0.26	11.62	2.50E-01	0.4	48	13	12	6	520	522200	287.8	5	10	160
678	7	2	0	20	50	0.09	6.64	2.50E-01	0.9	24	14	6	6	390	446800	242.4	16	24	280
679	2	1	0	30	35	0.17	23.25	3.00E-01	0.5	48	8	4	2	370	355800	187	3	6	80
680	3	1	0	35	35	0.26	15.5	2.00E-01	0.6	48	16	8	6	510	492700	266.3	4	8	120
681	2	1	0	30	50	0.13	23.25	2.00E-01	0.7	48	19	6	2	330	327700	170	3	6	80
682	1	7	1	30	35	0.21	6.86	4.00E-01	0.5	46.5	14	8	0	520	504900	274.7	8	16	270
683	1	1	0	20	35	0.13	46.5	2.50E-01	0.8	48	14	4	2	320	295500	154.7	2	4	40
684	1	2	1	30	35	0.2	24	2.00E-01	0.4	46.5	13	12	4	380	448300	242.4	3	6	78
685	1	1	0	35	35	0.26	46.5	3.00E-01	0.5	48	14	7	6	490	453300	243.6	2	4	40
686	1	7	1	30	40	0.17	6.86	2.00E-01	0.8	46.5	5	0	2	450	421500	223.9	8	16	270
687	1	8	1	30	50	0.21	6	2.00E-01	0.6	46.5	17	12	6	490	568000	311.6	9	18	310
688	1	8	1	35	50	0.21	6	4.00E-01	0.8	46.5	12	8	2	610	652400	359	9	18	310
689	1	8	1	30	40	0.2	6	2.50E-01	0.8	46.5	18	6	2	520	542200	295.3	9	18	310
690	1	8	1	25	50	0.17	6	2.00E-01	0.7	46.5	19	10	0	460	500600	273	9	18	310
691	7	7	1	30	40	0.17	6.86	4.00E-01	0.4	6.64	12	8	0	470	482300	261.8	56	64	270
692	8	7	1	30	45	0.26	6.86	3.50E-01	0.6	5.81	17	10	6	630	672400	374.4	64	72	270
693	7	8	0	20	40	0.17	6.64	3.50E-01	0.4	6	13	10	2	470	507400	280.4	64	72	280
694	7	8	1	20	45	0.17	6.00E+00	2.00E-01	0.6	6.64	13	12	4	460	515700	284.5	63	72	310
695	8	8	0	20	40	0.26	5.81	2.50E-01	0.8	6	19	12	0	650	689400	387.2	72	81	320
696	8	8	1	30	50	0.09	6	3.00E-01	0.5	5.81	15	8	4	390	455200	245.1	72	81	310
697	8	7	0	25	50	0.21	5.81	2.00E-01	0.7	6.86	19	2	6	520	556700	306.5	63	72	320
698	8	8	0	20	35	0.17	5.81E+00	2.00E-01	0.6	6	16	10	4	470	522100	288.2	72	81	320
699	8	8	0	25	35	0.21	5.81E+00	2.00E-01	0.8	6	17	14	6	540	646100	359.4	72	81	320
700	8	8	0	35	50	0.09	5.81E+00	2.00E-01	0.6	6	16	0	4	370	456300	243.3	72	81	320