



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
CURSO DE GRADUAÇÃO DE ENGENHARIA CIVIL

GRAZIELA LOPES DE SOUSA

**AVALIAÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA NAS ESTRUTURAS PRÉ-MOLDADAS
A PARTIR DA OTIMIZAÇÃO COM ALGORITMOS GENÉTICOS**

JOÃO PESSOA

2017

Graziela Lopes de Sousa

**REDUÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA NAS ESTRUTURAS PRÉ-MOLDADAS
ATRAVÉS DA OTIMIZAÇÃO COM ALGORITMOS GENÉTICOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso Engenharia Civil do Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba, Campus João Pessoa, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Hidelbrando José Farkat Diógenes

JOÃO PESSOA

2017

S729a Sousa, Graziela Lopes de

Avaliação Do Consumo De Água Nas Estruturas Pré-Moldadas A Partir Da Otimização Com Algoritmos Genéticos./ Graziela Lopes de Sousa. – João Pessoa, 2017.

95f. il.:

Orientador: Prof. Dr. Hidelbrando José Farkat Diógenes

Monografia (Curso de Graduação em Engenharia Civil) Campus I - UFPB / Universidade Federal da Paraíba.

1. Consumo de Água 2. Algoritmos Genéticos 3. Desenvolvimento Sustentável 4. Concreto Pré-Moldado 5. Otimização I. Título.

BS/CT/UFPB

CDU: 2.ed. 626.2 (043)

FOLHA DE APROVAÇÃO

GRAZIELA LOPES DE SOUSA

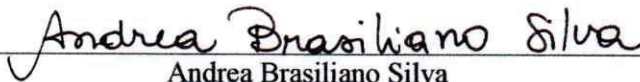
AVALIAÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA NAS ESTRUTURAS PRÉ-MOLDADAS A PARTIR DA OTIMIZAÇÃO COM ALGORITMOS GENÉTICOS

Trabalho de Conclusão de Curso em 27/11/2017 perante a seguinte Comissão Julgadora:



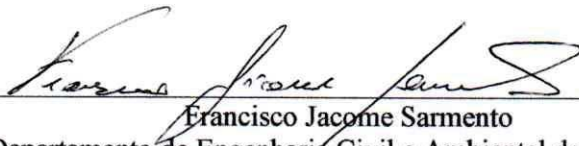
Prof. Dr. Hidelbrando José Farkat Diógenes
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

APROVADA



Andrea Brasiliano Silva
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

Aprovada



Francisco Jacome Sarmento
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

APROVADA.



Prof.ª Ana Cláudia Fernandes Medeiros Braga
Matrícula Siape: 1668619
Coordenadora do Curso de Graduação em Engenharia Civil

AGRADECIMENTOS

Durante a graduação muitas pessoas participaram ativamente da minha formação e, portanto, não poderia deixar de agradecê-las.

Agradeço a Deus, em primeiro lugar, e a Nossa Senhora por terem me proporcionado tantas bênçãos e conquistas.

Agradeço aos meus pais, Rosimeire Pereira e José Wilame, e às minhas irmãs, Bárbara Léia e Nathalia Williany por terem sido tão amorosos e compreensíveis. Em especial minha mãe, que tanto se sacrificou e abriu mão dos sonhos pela educação de suas filhas.

Agradeço aos amigos de faculdade Carol, Paloma e Monique por terem sido a melhor equipe de trabalho. Larissa, Dayana, Amanda, Rhoana, Nayane e Hennan por terem compartilhado comigo os momentos difíceis da graduação. E à Bárbara Dantas que, além de colega de faculdade, se tornou uma irmã.

Agradeço aos professores do Curso de Engenharia Civil, em especial àqueles que mostraram que é possível realizar mudanças mesmo quando a situação é contrária.

Agradeço ao orientador, Hidelbrando Diógenes, e à professora Andrea Silva, pelas excelentes aulas e por terem sido tão disponíveis, críticos e formadores. Tenho muito respeito e apreço e levarei como amigos.

Agradeço ao André Vieira (Mestre, USP) pela disponibilidade e auxílio e ao Augusto Albuquerque (Doutor, USP) que, juntos, disponibilizaram os trabalhos que deram início a essa pesquisa.

RESUMO

Diante das preocupações com o futuro da disponibilidade dos recursos terrestres, e no peso do consumo dos recursos exercidos pela construção civil, surge a necessidade de desenvolvimento de metodologias que busquem minimizar os danos causados ao meio-ambiente por essa indústria. Com isso, o objetivo desse trabalho é desenvolver um estudo focado na elaboração da estrutura pré-moldada de um edifício, buscando por meio da otimização com algoritmos genéticos a diminuição do consumo de água nesta etapa. Foi realizado um levantamento para quantificar as fontes de consumo de água na elaboração da estrutura, sendo as principais identificadas: a água utilizada na fabricação do aço, no traço do concreto e na cura das peças estruturais. Para a aplicação da metodologia foi simulado um edifício com 30mx30m e 4 pavimentos, a partir do qual foi possível detectar que a cura das peças é a parcela que demanda maior quantidade de água, representando um consumo de até 80% do total de água utilizada na fabricação da estrutura. Foi encontrado um valor para o consumo de água na elaboração da estrutura por área construída, na solução mais otimizada esse valor foi de 0,40 m³/m², considerando a cura por período de 28 dias. A fim de comparação, uma simulação com cura de 14 dias também foi realizada e o resultado foi uma diminuição de 34% no consumo total de água. Foi comparado o resultado do código apresentado nesse trabalho com o código de Vieira (2014), que reduz a emissão de CO₂. O resultado indicou que para a minimização da água as resistências do concreto foram maiores do que na otimização de Vieira (2014). A partir de uma análise do comportamento divergente entre as resistências dos códigos, foi identificado um ponto de intersecção que resultou em uma solução de equilíbrio entre as otimizações. Com todo o desenvolvimento deste trabalho, pode-se notar que os fatores que interferem na sustentabilidade são inúmeros e difíceis de relacionar em uma única linha de raciocínio, tratando-se, portanto, de um tema multidisciplinar.

Palavras chaves: Consumo de Água, Algoritmos Genéticos, Desenvolvimento Sustentável, Concreto Pré-Moldado, Otimização.

ABSTRACT

Due to all the concerns related to land resources availability in the future and the impacts that civil construction plays on them. There is a need to develop techniques that effectively minimize the environmental damage that the construction industry has been causing. Therefore, this article has an objective to develop a study focused on the development of building a pre-cast structure that can reduce water consumption; in this stage by using the optimization of genetic algorithms. A survey was made to identify the main sources of water consumption in a concrete precast building construction. The main sources are the water utilized in the steel manufacture and water used to trace and to cure the concrete. To apply this methodology, a simulation of a constructed four-level building with an area 30x30m was generated. It was observed that the highest consumption of water was to cure the concrete. The curing presented a consumption of up to 80% of the total water for the fabrication of the structure. A number that can relate the built area and its water consumption was found as $0,40\text{m}^3/\text{m}^2$, considering the concrete cure period was 28 days. Another simulation was made considering 14 days concrete cure period to compare with the number found before and its results has shown a decrease of 34% in the water consumption. After all, the results were compared to the code presented for Vieira (2014) in his work, which has an objective to reduce CO₂ emissions. This comparison has shown that to minimize water consumption its concrete resistances were higher than the concrete resistances found in the optimization of Vieira's study. Even though both studies were different, it was possible to find an intersection point between them that was balanced on both. Finally, while developing this study it was possible to understand that there are many factors directly related to sustainability and that it is difficult to compare all of them at the same time, since it is a multidisciplinary subject.

Keywords: Water Consumption, Genetic Algorithms, Sustainable Development, Precast Concrete.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Exemplo de Cromossomo.	23
Figura 2.2 – Roleta para a população exemplificada.	27
Figura 2.3 – Cruzamento de um ponto.	28
Figura 2.4 – Exemplo de Cruzamento Uniforme.	29
Figura 3.1 – Lajes alveolares sobre vigas “T”. Fonte: Albuquerque (2007).	33
Figura 3.2 – Seção das lajes alveolares. Fonte: Albuquerque (2007) (Adaptada).	33
Figura 3.3 – Esquema de vigas “T” e “L”. Fonte: Albuquerque (2007) (Adaptada).	35
Figura 3.4 – Seção transversal da viga. Fonte: Albuquerque (2007) (Adaptada).	36
Figura 3.5 – Distribuição anual da evaporação na Paraíba. Fonte: Francisco et al (2015).	42
Figura 3.6 – Fluxograma Algoritmo. Fonte: Albuquerque (2007).	43
Figura 4.1 – Saída de dados. Indivíduo com a melhor função objetivo.	46
Figura 4.2 – Consumo total de água por fase considerada.	47
Figura 4.3 – Consumo de Água Total por indivíduo (m ³).	48
Figura 4.4 – Penalidade para cada indivíduo.	49
Figura 4.5 – Detalhe das penalidades entre os indivíduos 550 e 660.	49
Figura 4.6 – Consumo em litros de água por m ³ de estrutura pré-moldada.	50
Figura 4.7 – Parcelas de consumo para cura de 14 dias.	52
Figura 4.8 – Melhor solução, com cura de 14 dias.	53
Figura 4.9 – Resultado melhor indivíduo, para emissão de CO ₂	55
Figura 5.1 – Aptidão das soluções em função da resistência do concreto pré- moldado.	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Valores correspondentes aos índices.....	23
Tabela 2.2 – Exemplo de população.	26
Tabela 3.1 – Seções adotadas para pilares em função da carga vertical característica. Fonte: Albuquerque (2007).	36
Tabela 3.2 – Consumo médio de aço no pilar em função de sua resistência.	37
Tabela 3.3 – Dosagem com cimento CP II-E-32. Fonte: Bastos (2008).....	41
Tabela 4.1 – Dados de entrada da programação.....	45
Tabela 4.2 – Resultado de consumo de água para as melhores soluções.	51
Tabela 4.3 – Comparação das soluções mais otimizada para cura de 28 e 14 dias.	53
Tabela 4.4 – Comparação das soluções mais otimizada para otimização da água e de CO ₂	55
Tabela 4.5 – Comparação das soluções mais otimizada para otimização da água, sem a parcela de cura, e de CO ₂	56
Tabela 5.1 - Indivíduos próximos ao ponto de intersecção.	60

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
1.1.OBJETIVOS.....	13
1.2.JUSTIFICATIVA.....	13
1.3.METODOLOGIA	14
1.4. ESTRUTURA DO TRABALHO	14
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1.DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL NA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	16
2.2.OTIMIZAÇÃO.....	19
2.2.1. Classificação.....	20
2.2.2. Algoritmo Genético	21
3. CÓDIGO COMPUTACIONAL.....	32
3.1.SISTEMA ESTRUTURAL ADOTADO.....	32
3.1.1. Lajes	33
3.1.2. Vigas.....	35
3.1.3. Pilares.....	36
3.1.4. Resistência à compressão	37
3.1.5. Hipóteses	37
3.2.CÓDIGO COMPUTACIONAL	37
3.2.1. Dados envolvidos.....	38
3.2.2. Restrições	39
3.2.3. Função objetivo.....	40
3.2.4. Desenvolvimento do Programa.....	43
4. SIMULAÇÃO DO CÓDIGO COMPUTACIONAL.....	45
4.1.Análise da cura	51
4.2.Comparação com a emissão de CO ₂	54
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	58
5.1.SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	61

REFERÊNCIAS.....	62
ANEXO 1 - CARACTERÍSTICAS DAS LAJES – VL.....	64
ANEXO 2 – CARACTERÍSTICAS DAS VIGAS – VV	65
APÊNDICE A – RESULTADO PROCESSAMENTO	66

1. INTRODUÇÃO

Por muito tempo, as indústrias extraíram e utilizaram recursos naturais sem dar a devida importância aos danos gerados por essas ações, principalmente por desejarem diminuir ao máximo seus custos e, ainda, motivadas pela insipiência e falta de interesse de políticas que promovessem a sustentabilidade. Contudo, o crescente consumo e a escassez de recursos naturais que já atinge diversos locais, somados às mudanças climáticas ocorridas nos últimos anos, exigiram maior preocupação sobre a extração e utilização dos recursos terrestres. A preocupação com os danos ambientais tem sido um tema que recebe cada vez mais atenção da sociedade, o uso de técnicas sustentáveis e o estudo por tecnologias que auxiliem um desenvolvimento com menos impactos ambientais ganham cada vez mais espaço no cenário atual.

A construção civil tem um papel importante no desenvolvimento econômico e social de uma região, ao mesmo tempo é responsável por um grande impacto ambiental para realizar suas operações, tanto no que diz respeito à extração de matérias-primas quanto na produção de resíduos. Segundo SJÖSTRÖM¹ (1992 *apud* Ticiani, 2005), estima-se que a construção civil é responsável pelo consumo de 20 a 50% do total extraído de recursos naturais.

Desta forma estudos que gerem alternativas mais sustentáveis para esta indústria podem resultar em grande diminuição dos impactos ambientais. O aperfeiçoamento da produção, de maneira que se reduzam os impactos ambientais, pode ocorrer de diversas formas, a exemplo, por meio da adoção de materiais alternativos e/ou renováveis, do reuso de resíduos e da otimização dos processos.

Otimização trata da busca de uma solução ótima capaz de satisfazer a uma função objetivo. Otimizar a estrutura, a fim de se reduzir os danos ao meio ambiente, pode ser uma eficaz solução na busca de um desenvolvimento sustentável. Existem diversos modos de se aplicar a otimização, dentre os quais, o algoritmo genético, que se fundamenta nos princípios da evolução de Charles

¹SJÖSTRÖM, C. *Durability and sustainable use of building materials*. In: LLEWELLYN, J. W.; DAVIES, H. (Ed.). *Sustainable use of materials*. London: BRE/RILEM, 1992.

Darwin, e tem demonstrado bons resultados na busca de soluções eficazes. Albuquerque (2007) realizou a aplicação de algoritmos genéticos (AGs) para minimizar os custos de uma estrutura pré-moldada e Vieira (2014) prosseguiu o trabalho, com a finalidade de reduzir o impacto ambiental causado pela emissão de gás carbônico.

1.1. OBJETIVOS

Este trabalho pretende apresentar soluções estruturais otimizadas, a partir da perspectiva do consumo de água utilizada no processo de fabricação, a partir de um método de otimização baseado em algoritmos genéticos.

Para isto, apresentam os seguintes objetivos específicos:

- Entender o funcionamento do código computacional desenvolvido por Albuquerque (2007) e Vieira (2014).
- Implementar nos códigos analisados mudanças e parâmetros, necessários para atender ao novo objetivo, redução do consumo de água.
- Levantar as principais fontes de consumo de água na produção do concreto pré-moldado.

1.2. JUSTIFICATIVA

Diante do mercado competitivo que se encontra a construção civil, ao adotar estratégias que minimizem os danos ambientais um empreendimento ganha notoriedade. A busca e valorização, pela sociedade por alternativas sustentáveis, é cada vez maior e se adaptar a estas necessidades traz inúmeros ganhos. O principal benefício é para o meio ambiente que precisa com urgência de inovações tecnológicas que garantam sua perpetuidade, outra vantagem é para o construtor e seu empreendimento que se destacam entre os seus concorrentes e tem maior possibilidade de conquistar o mercado.

1.3. METODOLOGIA

Para o desenvolvimento deste trabalho foi realizado um estudo teórico com o estabelecimento de parâmetros de interesse seguido da escolha do método de otimização e por fim a simulação de alguns exemplos. O estudo consistiu de um levantamento do quadro atual da sustentabilidade na construção civil, principalmente em relação ao consumo de água para conformação das estruturas de concreto, objetivando estabelecer diretrizes para a avaliação de uma construção.

A partir dos dados levantados, foram estipulados os critérios a serem otimizados buscando minimizar o impacto ambiental ocasionado no processo de fabricação de uma estrutura de concreto pré-moldado.

Para a programação da otimização escolheram-se os Algoritmos Genéticos desenvolvidos por Albuquerque (2007) e Vieira (2014) que disponibilizaram seus códigos computacionais. Foi feita uma análise da programação original, em linguagem FORTRAN, para a compreensão das etapas que se seguem e, em sequência, realizaram-se as adaptações e implementações do código computacional a fim de satisfazer ao novo objetivo, redução do consumo de água.

O código final foi validado com o mesmo exemplo apresentado em Vieira (2014), que otimizou a estrutura também a partir de aspectos da sustentabilidade avaliando a emissão de gás carbônico, foi feita uma comparação entre o resultado obtido neste trabalho e aquele apresentado por Vieira (2014).

1.4. ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho se organiza em quatro capítulos principais, além deste introdutório. O segundo capítulo, intitulado como Revisão Bibliográfica, apresenta conceitos sobre a sustentabilidade, como ela se aplica na construção civil em relação ao consumo de água e sobre o funcionamento do método de otimização adotado. No terceiro, Código Computacional, é exposto o funcionamento da programação utilizada no desenvolvimento do trabalho, definindo as variáveis envolvidas no cálculo evidenciando as alterações realizadas no código original de

Albuquerque (2007). O quarto capítulo exhibe o processamento dos exemplos, fazendo uma ponte entre os resultados obtidos na análise do consumo de água com a análise de emissão de CO₂, feita por Vieira (2014). O último capítulo apresenta as considerações finais deste trabalho e propostas de temas para a continuação da pesquisa.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL NA CONSTRUÇÃO CIVIL

O conceito de desenvolvimento sustentável começa a ser abordado com o Relatório Brundtland, intitulado como Nosso Futuro Comum (*Our Common Future*), no qual é definido como uma associação entre o desenvolvimento e a preservação. O desenvolvimento com o intuito de atender às necessidades da sociedade, e a preocupação em garantir a preservação dos recursos naturais para as próximas gerações.

O Relatório Brundtland levanta críticas, dentre as quais, o desenvolvimento dos países industrializados e os riscos que o uso dos recursos naturais, sem considerar a capacidade de suporte dos ecossistemas que são aplicados nesse modelo, oferecem. Apresenta, ainda, uma lista de ações e metas a serem tomadas pelos Estados, que englobam a garantia de recursos básicos em longo prazo, preservação dos ecossistemas e uso de energias renováveis.

Outro marco na discussão sobre a sustentabilidade foi a publicação da Agenda 21 em 1992 na Eco-92 que se baseou no Relatório Brundtland e que resultou no comprometimento de mais de 170 países com a sustentabilidade. O documento trata de diversos assuntos abrangendo temas econômicos, sociais e de conservação dos recursos. A Agenda 21, além de uma agenda ambiental, trata do desenvolvimento sustentável com ênfase no meio ambiente, segundo Corrêa (2009).

Conforme Corrêa (2009), para um empreendimento ser considerado sustentável deve atender aos seguintes requisitos: adequação ambiental, viabilidade econômica, justiça social e aceitação cultural. E a sustentabilidade deve estar presente desde a sua concepção até a sua demolição.

Para promover a sustentabilidade na indústria da construção civil, surgiram dezenas de sistemas de avaliação desse aspecto, dentre os principais, se destacam a Certificação LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*) que avalia o desempenho ambiental dos edifícios, e a Certificação AQUA-

HQE (Alta Qualidade Ambiental) que é uma adaptação da certificação francesa, *Démarche HQE*, para atender ao cenário das regiões brasileiras.

Bueno (2010) realizou um trabalho comparativo entre as principais certificações no contexto brasileiro, o GBTool, o Green Globes, o AQUA e o LEED for Homes, vertente do LEED que avalia edifícios habitacionais. Bueno (2010) faz uma apresentação dessas certificações, descrita a seguir.

O GBTool é um *software* que, a partir de critérios hierarquizados, avalia o desempenho ambiental e impactos gerados pela edificação. Fundamenta-se nos seguintes tópicos: consumo de recursos, cargas ambientais, qualidade ambiental interna e de serviço, economia, manutenção e operações prévias e transportes. Por meio da comparação entre o desempenho do edifício com um edifício referencial, que representa o mínimo aceitável, gera-se um conjunto de gráficos e relatórios.

O Green Globes baseia-se nos seguintes critérios de avaliação: emissão, energia, água, qualidade ambiental interna, gerenciamento do meio ambiente e utilização dos recursos. O relatório final apresenta o desempenho do edifício e a comparação desse com outros edifícios já analisados.

No AQUA a avaliação constitui-se de 14 categorias, entre elas: relação do edifício com o entorno, impacto do canteiro de obras, escolha do processo construtivo, gestão de energia e de água, confortos acústico, visual e olfativo e qualidades sanitárias dos ambientes, do ar e da água. Os edifícios são classificados como Bom, Superior e Excelente, de acordo com o seu desempenho. É a primeira adaptação para o Brasil e demonstra ter maior facilidade de implementação no país do que as outras metodologias de certificação.

O *LEED for homes* utiliza uma metodologia de pontuação para classificar os edifícios em quatro níveis, Certificado, Prata, Ouro e Platina. As categorias de avaliação são: inovação e processo de projeto, localização e ligações, sítios sustentáveis, eficiência de água, energia e atmosfera, materiais e recursos, qualidade do ambiente interno e conscientização e educação.

Após a análise Bueno (2010) concluiu que alguns dos parâmetros utilizados nas avaliações não são aplicáveis às regiões brasileiras. A certificação GBTool foi a que mais apresentou inaplicabilidades para o contexto brasileiro. Já a certificação AQUA demonstrou a menor quantidade de inadequações, sendo

essas possíveis de cumprimento parcial. Bueno (2010) relaciona a aplicabilidade das certificações à complexidade da metodologia e às flexibilidades dos critérios utilizados, entretanto, mesmo o AQUA apresentando uma metodologia adaptada ao contexto brasileiro a sua aplicação ainda é restringida devido à falta de divulgação e ao alto custo.

Dentre as semelhanças no processo de avaliação das certificações, encontra-se o consumo de recursos, entre eles a água, um recurso básico que é essencial para o desenvolvimento da vida. Para a construção civil a água tem um papel de destaque. De acordo com Pessarello (2008), “[...] a água é um recurso natural importante para as obras de construção civil, tendo em vista que é primordial nos principais serviços da obra e para o consumo humano.”.

Após levantamento de dados sobre o consumo de água em três obras distintas, Pessarello (2008) concluiu que o consumo de água por m² de área construída é muito variável e depende de inúmeros fatores tais como, porte da obra e características construtivas. Contudo, para as três obras Pessarello (2008) calculou um indicador de água por homem hora que demonstrou uniformidade nos casos analisados mesmo sendo estes com tipologias bem diferentes, o valor do indicador ficou em torno de 0,01 m³/Hh.

Silva e Violin (2013) realizaram um levantamento sobre o consumo de água em três canteiros de obras, e constataram que para a produção de concreto e argamassas consome-se em média 211 l/m³ e 201 l/m³, respectivamente. Entretanto, os serviços relacionados à concretagem corresponderam entre 39,15 a 68,63 % do consumo total dos canteiros no período de análise.

O estudo de Vieira (2014), sobre desenvolvimento sustentável, concluiu que a busca pela sustentabilidade está sendo cada vez mais associada às técnicas de programação computacionais. Vieira (2014) reforça que essa busca, pela redução dos impactos ambientais utilizando metodologias alternativas, demonstra a preocupação da sociedade com o tema.

2.2. OTIMIZAÇÃO

Comumente nos deparamos com questões nas quais as possibilidades para solucioná-las são infinitas, algumas soluções são melhores que outras e se encaixam de maneira mais vantajosa. Na engenharia não é diferente, muitas das dificuldades consiste em encontrar a solução mais adequada para determinada situação. Por exemplo, em projetos de elaboração de greide em rodovias, escolha de sistema estrutural, dimensionamento dos diâmetros de redes de abastecimento. Nesse tipo de situação fica difícil elencar todos os cenários e escolher, entre eles, a melhor opção. Diante disto, surge o processo de otimização que auxilia na escolha da solução que melhor se enquadra maximizando ou minimizando - a depender da circunstância - os parâmetros envolvidos na situação.

O processo de otimização é algo natural do ser humano e muito comum no desenvolvimento de suas atividades. Quando se programa no dia a dia as tarefas a serem cumpridas, assim realizando-as o mais rápido possível, ocorre uma otimização do tempo. Ou quando se escolhe o menor trajeto a ser percorrido, otimizando o percurso.

De um modo geral, a otimização consiste em encontrar um valor ótimo que se constitui da relação entre as variáveis da situação, a fim de maximizar ou minimizar uma função objetivo sem deixar de satisfazer as restrições características da situação.

Bastos (2004) aponta definições importantes para o processo de otimização, que são apresentadas a seguir:

- **VARIÁVEL DE PROJETO** – tratam-se dos parâmetros que serão modificados durante o processo, podem ser contínuas ou discretas;
- **RESTRIÇÃO** – são funções de igualdade ou desigualdade e descrevem as características do projeto. O que é desejável e o que não é;
- **ESPAÇO DE BUSCA** – é a região na qual estão contidas as possíveis soluções do problema, e é delimitado pelas restrições;
- **FUNÇÃO OBJETIVO** – é a função que relaciona as variáveis que se pretende otimizar, minimizando ou maximizando o resultado;

- PONTO ÓTIMO – trata-se do ponto formado pelas variáveis e que extremam a função objetivo;
- VALOR ÓTIMO – valor da função objetivo no ponto ótimo;
- SOLUÇÃO ÓTIMA – o par, ponto e valor ótimo, podem ser do tipo local ou do tipo global.

2.2.1. Classificação

Os métodos de otimização podem ser classificados como:

a) Determinísticos, os chamados métodos clássicos, que se caracterizam por iniciarem com um candidato à solução submetendo-o às derivadas. As soluções, nesse método, estão condicionadas desde o início da programação, ou seja, a solução será sempre a mesma se o ponto de partida for igual. O método demanda que a função objetivo seja contínua e diferenciável, o que segundo Bastos (2004), torna a aplicação destes métodos incompatível com a maioria dos problemas práticos da engenharia, onde os parâmetros envolvidos são variáveis discretas. A depender do caráter da função objetivo pode se tratar de Programação linear ou não linear. Dentre os métodos aplicados na categoria determinística estão: Método da Máxima Descida, Método de Newton, Método das Penalidades e Método do Lagrangeano Aumentado.

b) Probabilísticos, que exploram aleatoriedade e probabilidades iniciando com candidatos gerados aleatoriamente e avaliando a função objetivo, conduzindo a um resultado. Devido a essa arbitrariedade é possível analisar diferentes regiões do espaço de busca, o que aumenta a possibilidade de localizar o ótimo global. Dentre os métodos dessa categoria encontram-se Recozimento Simulado, Redes Neurais Artificiais e a Computação Evolucionária. Nessa última, se enquadram os algoritmos inspirados na genética e na evolução e adaptação dos indivíduos. Programação Evolutiva, Estratégias Evolutivas, Programação Genética e Algoritmos Genéticos são exemplos de método de otimização de Computação Evolucionária.

2.2.2. Algoritmo Genético

O funcionamento dos algoritmos genéticos fundamenta-se na genética e nos princípios publicados por Charles Darwin, em seu livro “A origem das espécies”. Estabelecendo seu processo de acordo com a descrição apresentada na obra sobre a aptidão e evolução dos seres no meio ambiente, Darwin explica que a seleção natural elege os indivíduos, que desenvolveram características mais favoráveis ao meio em que estão inseridos, como os de maior probabilidade de sobrevivência e de gerar descendentes.

As qualidades apresentadas - o fenótipo - são transferidas entre as gerações pela hereditariedade, que consiste em uma transcrição do código genético - o genótipo. As características que tornam o ser mais adaptado ao meio podem surgir das modificações genéticas, as mutações. Essas, por sua vez, podem manifestar tanto atributos vantajosos quanto atributos prejudiciais, esses últimos acabam tendo seus portadores extintos pela seleção natural.

Bastos (2004) e Castro (2001) apontam algumas das vantagens na utilização desses algoritmos tais como:

- Não demandarem necessariamente funções contínuas e diferenciáveis;
- Possibilidades de adotar variáveis discretas nas funções;
- Procura por soluções em diferentes regiões do espaço envolvido;
- Facilidade de implementação;
- Viabilidade de se otimizar funções com multiobjetivos;
- Não se prenderem a ótimos locais, pois avaliam diferentes áreas do espaço de busca;

Assim como os outros métodos probabilísticos, os algoritmos genéticos apresentam a desvantagem no processamento do código, que se torna extenso computacionalmente.

A inicialização da programação consiste em gerar uma população inicial - a primeira geração - composta por indivíduos, onde cada um deles representa uma provável solução. A maneira mais comum de criar o primeiro conjunto de soluções é por meio das funções randômicas que produzem números aleatórios. Nesta fase é de extrema importância que os primeiros indivíduos estejam bem

distribuídos no espaço de busca e representem uma boa amostragem, diminuindo a possibilidade de conduzir a um extremo local.

Os indivíduos são representados por cromossomos, uma cadeia de genes que carregam as informações relativas às variáveis. Passam por um processo de avaliação da função objetivo e são classificados.

Em seguida, os que foram considerados menos aptos são rejeitados e os melhores indivíduos são selecionados para prosseguirem na rotina ou para produzirem descendentes para a próxima geração. São submetidos à seleção e às operações genéticas, mutação ou crossover. Os indivíduos resultantes formam uma nova geração de soluções. Este processo se repete a cada geração, até que seja alcançado o critério de parada da programação.

2.2.2.1. Codificação

Um dos princípios do algoritmo é trabalhar com a codificação das variáveis, segundo Bastos (2004), esta prática torna o problema independente da continuidade do espaço dos parâmetros. O método mais utilizado é a codificação binária, que será abordada nesse trabalho, mas ainda pode ser feito com números reais ou imaginários e até com caracteres do alfabeto.

Na codificação binária o cromossomo é dividido em bits, que representam os genes, fração do cromossomo que controla as características, e são preenchidos com os valores zero (0) ou um (1). O tamanho do cromossomo está intimamente ligado às características, variáveis, que o candidato à solução deve apresentar.

No caso de variáveis discretas a quantidade de bits pode ser calculada de acordo com a Equação 2.1 vista em Bastos (2004).

$$2^{nb} = NV \quad (2.1)$$

Onde NB representa a quantidade de bits da variável e NV o número de possíveis valores a serem assumido.

A quantidade de bits para o cromossomo será o somatório de bits das variáveis que compõem a solução, assim como apresentado na Equação 2.2.

$$NB \text{ cromossomo} = \sum_{i=1}^n (nb)^i \quad (2.2)$$

Sendo, n a quantidade de variáveis e nb os bits referentes a cada uma.

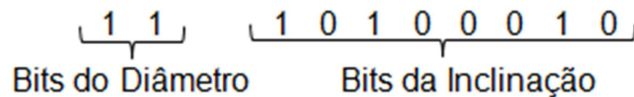
A implantação dessa codificação significa que durante o decorrer do código será necessária realização de conversões entre os genes e os valores das variáveis que ele representa. Para o processo de decodificação utilizam-se a Equação 2.3, para variáveis discretas.

$$IND = \sum_{i=1}^{nb} [(b)^i * 2^{nb-i}] \quad (2.3)$$

Onde, IND representa o valor da variável e b o valor dos bits encontrados, zero (0) ou um (1).

Por exemplo, na otimização de redes de esgoto, dentre as variáveis a serem apresentadas estão os diâmetros e as inclinações dos trechos. Desta forma, uma possível abordagem do cromossomo é apresentada na Figura 2.1.

Figura 2.1 – Exemplo de Cromossomo.



O diâmetro, neste exemplo, seria uma variável discreta, uma vez que assume os valores comerciais. Sendo os valores 150, 200, 300 e 400 mm possíveis soluções, a decodificação desta variável para o exemplo da Figura 2.1 seguiria a Tabela 2.1 e Equação 2.3.

Tabela 2.1 – Valores correspondentes aos índices.

ÍNDICE	VALOR DA VARIÁVEL
0	150 mm
1	200 mm
2	300 mm
3	400 mm

Aplicando a Equação 2.3, o valor do índice será como demonstrado na Equação 2.4.

$$IND = 1 * 2^1 + 1 * 2^0 = 3 \quad (2.4)$$

Desta forma o valor do diâmetro será de 400 mm para o exemplo exposto.

Bastos (2004) diz que mesmo tendo muitas vantagens, como facilidade de criar e manipular os vetores e de se trabalhar com variáveis discretas, a codificação binária tem como desvantagem a de muitas vezes, devido à alta precisão, resultar em cromossomos compridos que demandam maior memória e acabam reduzindo o rendimento da programação.

2.2.2.2. Avaliação

Para cada indivíduo gerado é necessário calcular a sua aptidão, e a partir dessa, classificar os cromossomos. A esta avaliação dá-se o nome de função aptidão (F) e está ligada a função objetivo (f) e as funções penalidades (pen), como descrito na Equação 2.5.

$$F(x) = f(x) + pen(x) \quad (2.5)$$

A partir da função aptidão, se atribui o quanto um indivíduo pode ser considerado habilitado e qualificado para passar para a próxima geração e reproduzir. As penalidades estão presentes sempre que no problema houver restrições, quando essas restrições forem contrariadas por algum indivíduo, esse sofrerá penalidades.

Segundo Castro (2001), ao decorrer das gerações, os indivíduos podem passar a apresentar valores de aptidão parecidos e nessa fase é interessante tornar a função aptidão mais rigorosa.

2.2.2.3. Seleção

Após a avaliação de cada indivíduo, o próximo passo da rotina é selecionar os mais aptos, considerados mais capacitados para produzir

descendentes ou prosseguir na programação. Os selecionados são copiados para uma população auxiliar e o restante dos indivíduos é descartado. Os métodos para seleção são apresentados a seguir.

- Rank – Os indivíduos são elencados do menos ao mais apto. De acordo com Bennett (1997), para um cromossomo na posição x a probabilidade dele ser escolhido ($p(x)$) é descrita na Equação 2.6. Sendo P a quantidade total de concorrentes.

$$p(x) = \left(\frac{2*x}{P*(P-1)} \right) \quad (2.6)$$

- Ordenação – Nesse método, os indivíduos são posicionados do mais ao menos apto, com duas abordagens possíveis, a linear e a exponencial. Entre as vantagens de sua utilização, apontadas por Castro (2001), está a não necessidade de uma aptidão explícita, uma vez que as probabilidades e classificação são feitas com comparações entre os indivíduos. As probabilidades são calculadas para cada indivíduo de acordo com a Equação 2.7, para análise linear, e Equação 2.8 para análise exponencial. O somatório de todas as probabilidades será sempre igual a um (1).

$$p_x = a.x + b \quad (2.7)$$

$$p_x = a \exp(b.x + c) \quad (2.8)$$

- Estocástica remanescente sem substituição – Para o procedimento primeiro se estabelece, pela Equação 2.9, o valor esperado de cópias para cada cromossomo:

$$E_i = N * p_i \quad (2.9)$$

Sendo N o tamanho da população. Assim, o cromossomo i será copiado E_i , parte inteira, vezes na população temporária. A parte decimal de E_i representa a probabilidade de o cromossomo ser repetido mais de uma vez

• Roleta – A probabilidade de cada indivíduo é calculada de acordo com sua aptidão. Analogicamente, os indivíduos são dispostos em uma roleta na qual a cada um é disposto uma fatia de tamanho proporcional a sua aptidão. Logo, os mais aptos terão maior probabilidade de serem eleitos. Dessa forma, a roleta representa a soma de todas as aptidões (APT_T).

A escolha do indivíduo ocorre a partir de um número gerado aleatoriamente entre zero (0) e APT_T , que retornará o primeiro indivíduo que apresente soma acumulada parcial das aptidões ($\sum APT_P$) - somas das aptidões dos indivíduos anteriores a ele - maior ou igual ao número gerado.

Cada indivíduo, x , tem probabilidade, $p(x)$, de ser eleito de acordo com a Equação 2.10.

$$p(x) = \frac{APT(x)}{APT_T} \quad (2.10)$$

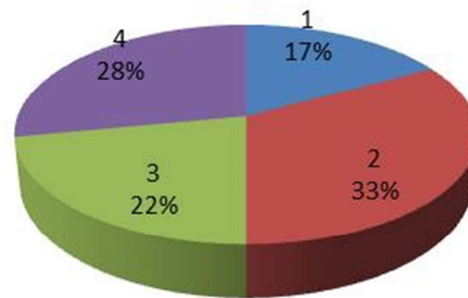
Onde $APT(x)$ representa a aptidão do indivíduo.

Para exemplificar, suponha-se uma população com as seguintes aptidões, 17, 33, 22, e 28 para os seus indivíduos. Desta forma temos que APT_T equivale a 100. As probabilidades e as somas acumuladas estão demonstradas na Tabela 2.2, e a analogia da roleta é descrita na Figura 2.2.

Tabela 2.2 – Exemplo de população.

INDIVÍDUO	APT	p	$\sum APT_P$
1	17	17 %	17
2	33	33 %	50
3	22	22 %	72
4	28	28 %	100

Figura 2.2 – Roleta para a população exemplificada.



Esse método apresenta grande possibilidade de selecionar um mesmo cromossomo mais de uma vez, quando este apresentar uma alta aptidão.

- Torneio – Para o processo, as probabilidades de cada indivíduo é a mesma. Eles são escolhidos aleatoriamente, normalmente aos pares, e são submetidos ao torneio onde o que apresentar maior aptidão passa para a população auxiliar. Como as chances para cada indivíduo é a mesma corre-se o risco de, quando houver um cromossomo com uma aptidão muito maior que os demais, perde-lo durante o decorrer da seleção.

- Elitista – Nesse método é realizada uma cópia de cromossomos, os mais aptos da população, para a população seguinte. O que garante que não se perca essas soluções. Em contra partida esse método pode conduzir para um ótimo local antes de encontrar o ótimo global. Para evitar isso é habitual usar esse método vinculado a outro, aplicando-o a uma pequena parcela dos indivíduos.

2.2.2.4. Operadores

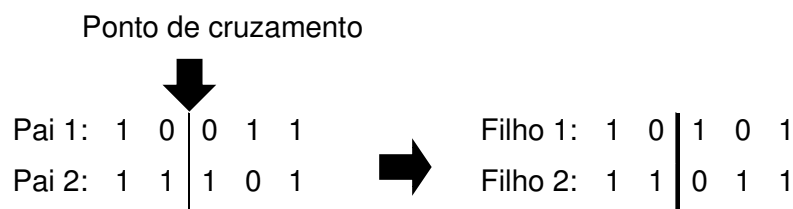
A partir dos operadores é possível gerar os descendentes dos cromossomos e promover populações mais aptas. Os operadores são aplicados à população auxiliar, decorrente da seleção, e resultam na população de descendentes que comporão a nova geração. A cada diferente problema deve-se encontrar um equilíbrio entre os operadores, para garantir que a busca ocorra em

todo o espaço e que não haja prejuízos aos indivíduos aptos já gerados. Os processos mais aplicados são o cruzamento e a mutação, que são apresentados a seguir.

a) Cruzamento – ou Crossover é o processo de reprodução no qual pelo menos um par de pais é utilizado para a geração de seus filhos por meio de uma combinação dos genes que carregam. Ou seja, os descendentes carregarão informações de cada pai que o gerou. Ocorre a uma determinada taxa (taxa de cruzamento) da ordem de 50 a 90%, do ponto de vista de Bastos (2004) valores muito pequenos implicam em maior tempo para convergência, enquanto que os muito altos apresentam grande risco de perda de indivíduos com boa aptidão. Dentre as possibilidades desse processo temos o cruzamento de um ponto, de dois ou mais pontos, uniforme e o com vários pais.

- Um ponto: Arbitra-se um ponto que esteja entre os bits de diferentes variáveis, e a partir deste ponto geram-se os filhos trocando o material genético dos pais como demonstrado na Figura 2.3.

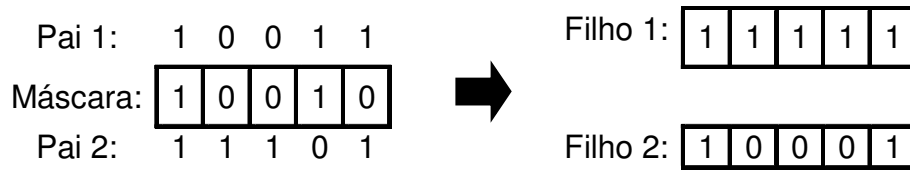
Figura 2.3 – Cruzamento de um ponto.



- Dois ou mais pontos: Assemelhasse ao cruzamento de um ponto, porém o local da troca de genes ocorre em mais de uma região no cromossomo.

- Uniforme: Neste método é gerada uma máscara que contém comprimento igual aos dos cromossomos e é completada aleatoriamente com zero (0) e (1). De acordo com o valor dos bits da máscara, é determinado de qual pai será o bit do filho. Exemplo, se na máscara tiver o valor 1 o filho um (1) receberá do pai um (1) enquanto que o filho dois (2) receberá do pai dois (2), caso contrário, a cópia dos bits será invertida, como esquematizado na Figura 2.4.

Figura 2.4 – Exemplo de Cruzamento Uniforme.



- Com vários pais: O procedimento é semelhante ao crossover de vários pontos, porém adotando uma quantidade maior do que dois pais. É importante que o número de pontos, que divide o cromossomo para a permuta, seja maior ou igual ao número de pais utilizado subtraído uma unidade.

b) Mutação - consiste em selecionar um ou mais bits qualquer do cromossomo e a ele impor uma mudança no valor. Desta forma, mantém-se a diversidade genética na população. Ocorre a uma determinada taxa (taxa de mutação) da ordem de 0,1 a 5%, valores altos para a taxa de mutação aumentam a probabilidade de perda de dados de indivíduos com bom desempenho.

2.2.2.5. Restrições e Penalidades

A partir das restrições é possível delimitar a busca e melhorar a eficiência do algoritmo evitando que ele traga soluções infactíveis.

De acordo com Borges (2002), para elaborar as restrições do projeto deve-se dar atenção a alguns aspectos. Primeiro, a quantidade de restrições, situações complexas que demandam muitas restrições acarretam em dificuldades para serem satisfeitas concomitantemente. Segundo, dimensão, o uso da distância entre a solução irregular e a dimensão auxilia no processo de otimização. Terceiro, crítica da restrição, que possibilita a ponderação das violações e impede que indivíduos, com infrações aceitáveis, sejam excluídos. E por fim, dificuldade das restrições, caracterizada comparado o tamanho do espaço e tamanho total da amostra, pode ser estipulada pela probabilidade de violação ou pela simplicidade de adaptar uma solução inexecutável.

Para aplicar as restrições pode ser fazer uso de algumas práticas, tais como:

- Descartar as soluções que violam os limites impostos;
- Melhorar as soluções que não satisfazem, com os operadores de reparo. Modificando seus genes para valores aceitáveis.
- Adotar estratégias de penalidades, a prática mais comum entre os problemas de engenharia;

A técnica de penalidade consiste em implementar no código funções de penalização, que prejudicam a aptidão dos cromossomos indesejáveis, e que funcionam sempre que um indivíduo apresentar infração nas restrições.

Dentre os métodos mais comuns, encontra-se a penalidade constante que consistem em penalizar o indivíduo de acordo com o número total de restrições violadas.

Outros métodos de penalidades são apresentados por Bastos (2004):

- Penalidade estática - onde são determinados intervalos de penalização de acordo com a restrição. Cada restrição, ou conjunto de restrições, tem um peso na penalidade final, é necessário comparar as restrições para ponderar quais são as mais expressivas.

- Penalidade dinâmica - A função penalidade utiliza coeficientes que variam, por exemplo, de acordo com as gerações. Isso tende a melhorar as aptidões dos indivíduos de acordo com que novas gerações são produzidas.

- Penalidade adaptativa - os coeficientes da função penalidade se adaptam de acordo com o comportamento dos indivíduos em cada geração. Se todos os indivíduos de uma geração se apresentarem factíveis, então o coeficiente diminui para a próxima população. Caso os indivíduos se apresentem impraticáveis, para o problema, então o coeficiente será maior para a próxima população. Nada acontece com o coeficiente se a situação for diferente das duas apresentadas acima.

- Tratamento das restrições em várias etapas - as restrições vão sendo minimizadas a cada geração. Na primeira população foca-se na primeira restrição, na geração seguinte aborda-se a próxima restrição, descartando qualquer indivíduo que violar a restrição anteriormente tratada, isso se repete até que atinja todas as restrições.

2.2.2.6. Convergência e parada

A convergência ocorre quando, ao decorrer das gerações, os indivíduos passam a apresentar aptidões melhores e similares, demonstrando que estão próximos ao valor ótimo. Parâmetros, como tamanho da população e taxas de cruzamento e de mutação são fatores diretamente relacionados com a convergência do algoritmo.

Populações pequenas dificilmente abordarão toda a região factível e acarretam em convergências prematuras. Populações maiores evitam esse problema, porém acarretam em maior demanda computacional para o código. O ideal é dimensionar a população com quantidade de indivíduos suficientes, para cada situação, o que é possível através de testes, variando o número de indivíduos inicial, e análise dos resultados.

Entre as dificuldades encontradas na programação de algoritmos genéticos está a convergência prematura, que ocorre quando os indivíduos passam a apresentar aptidões boas, porém estão longe da solução ótima global. Esses indivíduos originam um grande número de filhos que acabam dominando a população, quando são submetidos aos operadores. Logo, para garantir uma boa convergência é imprescindível que os parâmetros mencionados sejam bem dimensionados.

Por fim, para estabelecer o término do algoritmo genético é necessário estabelecer o seu critério de parada que, ao ser atingido, estabelece a conclusão do processamento. Dentre os critérios utilizados por programadores, encontram-se:

- Delimitação do número de gerações;
- Estabelecimento, quando conhecido, do valor ótimo da função;
- Quando for atingida a convergência em uma determinada taxa de indivíduos;

3. CÓDIGO COMPUTACIONAL

Os trabalhos desenvolvidos por Albuquerque (2007) e posteriormente, dando continuidade, por Vieira (2014), apresentam um código computacional que por meio dos algoritmos genéticos realizam a otimização da configuração estrutural com elementos pré-moldados em função do custo e da emissão de gás carbônico (CO₂), respectivamente. Estes códigos foram tomados como referência e ponto de partida para a elaboração da otimização em função do consumo de água referente à execução da estrutura.

Albuquerque (2007) preocupou-se em elaborar um algoritmo que aperfeiçoasse a estrutura juntamente com todos os processos interligados a ela. Para isto, levou em consideração em sua análise aspectos como transporte, montagem e fabricação, além da configuração da estrutura.

Para a escolha do sistema estrutural, Albuquerque (2007) apresenta levantamentos que identificam os tipos mais utilizados em diversos países. No Brasil, com o auxílio da aplicação de questionários observou pontos que foram utilizados para auxiliar e delimitar o banco de dados a ser implantado no código.

Dentre os principais pontos destacados por Albuquerque (2007), tem-se:

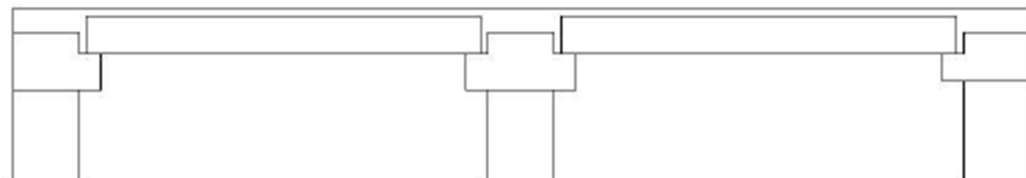
- Utilização de capa de 5 cm pela maioria entrevistada;
- Resistência entre 30 a 50 MPa para concreto pré-moldado e de 20 a 30 MPa para o moldado *in loco*;
- Utilização de pórticos unidirecionais com direção perpendicular entre as lajes e as vigas.
- Emprego de lajes alveolares apoiadas em vigas “T” invertidas ou vigas “L” entre as mais utilizadas nacionalmente;

3.1. SISTEMA ESTRUTURAL ADOTADO

O sistema estrutural adotado para este desenvolvimento será o mesmo que o utilizado por Albuquerque (2007) e Vieira (2014), demonstrado na Figura 3.1. Consiste em uma estrutura composta por lajes alveolares sobre vigas “T” com

adoção de capa de cinco centímetros sobre o pavimento. Considera-se que a arquitetura foi modulada para o emprego de pré-moldados.

Figura 3.1 – Lajes alveolares sobre vigas “T”. Fonte: Albuquerque (2007).



3.1.1. Lajes

As configurações de lajes adotadas pelo programa desenvolvido por Albuquerque (2007) se encontram esquematizadas na Figura 3.2. Alternando entre a possibilidade de protensão, e a quantidade de bitola totalizaram-se 32 tipos de lajes.

Figura 3.2 – Seção das lajes alveolares. Fonte: Albuquerque (2007) (Adaptada).

LAJE DE 9 cm + CAPA DE 5 cm

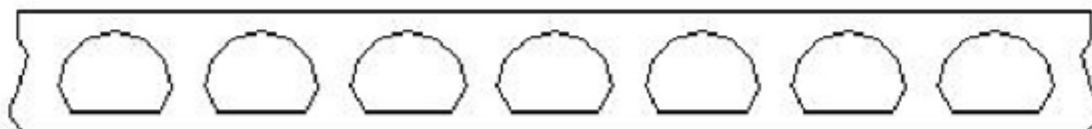
CONSUMO: 0,0643 m³/m



(a) Laje h = 9+5

LAJE DE 13 cm + CAPA DE 5 cm

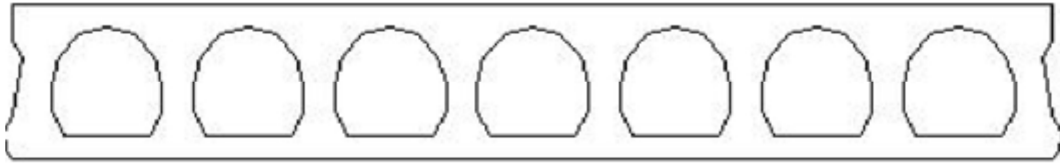
CONSUMO: 0,0880 m³/m



(b) Laje h = 13+5

LAJE DE 17 cm + CAPA DE 5 cm

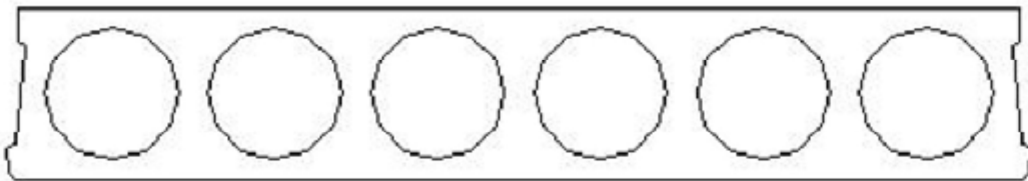
CONSUMO: 0,1083 m³/m



(c) Laje h = 17+5

LAJE DE 20 cm + CAPA DE 5 cm

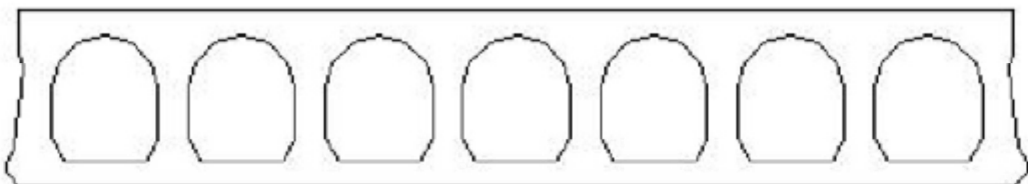
CONSUMO: 0,1194 m³/m



(d) Laje h = 20+5

LAJE DE 21 cm + CAPA DE 5 cm

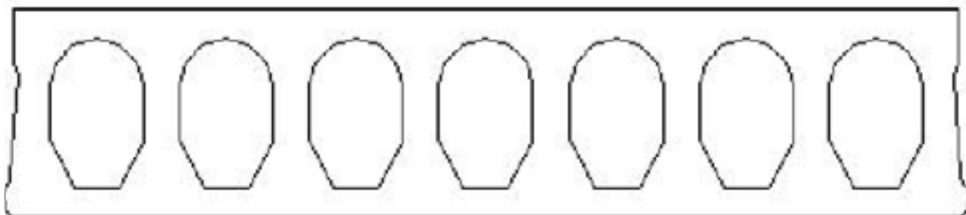
CONSUMO: 0,1279 m³/m



(e) Laje h = 21+5

LAJE DE 26 cm + CAPA DE 5 cm

CONSUMO: 0,1728 m³/m



(f) Laje h = 26+5

3.1.2. Vigas

Conforme Albuquerque (2007), as vigas “T” invertidas implementadas ao programa são caracterizadas pela altura e base, adicionada de um dente de 15 cm de cada lado para apoio das lajes, como esquematizado, ilustrativamente, na Figura 3.3. As vigas têm base (b_w) variando entre 40 e 90 cm, a cada 10 cm, e altura (h_v) com variação de 20 a 40 cm, a cada 5 cm. As combinações realizadas resultaram em um total de 32 alternativas para as vigas. Albuquerque (2007) salienta que para as vigas de borda a diferença consiste na eliminação de um dos dentes, tornando-as vigas “L”.

A altura da base da viga (h_v) soma-se com a altura da laje e altura da capa de concreto, de 5 cm. A altura total da viga pré-moldada trata-se da altura da viga (h_v) mais a altura da laje, subtraída de cinco centímetros, formando uma região de dez centímetros de concreto moldado *in loco* (CML), como demonstrado na Figura 3.4. Esta região, acima da viga, permite a colocação de armaduras passivas longitudinais e facilita a ligação entre a capa e a seção pré-moldada. Segundo Albuquerque (2007), foram adotadas quatro cordoalhas protendidas na parte superior, a fim de diminuir esforços de tração na fase de construção.

Figura 3.3 – Esquema de vigas “T” e “L”. Fonte: Albuquerque (2007) (Adaptada).

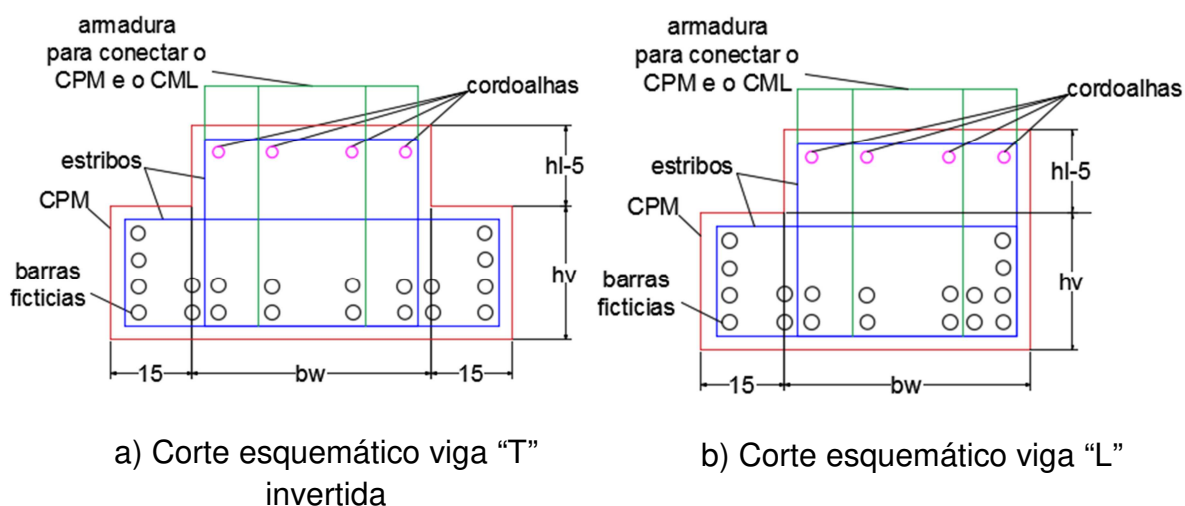
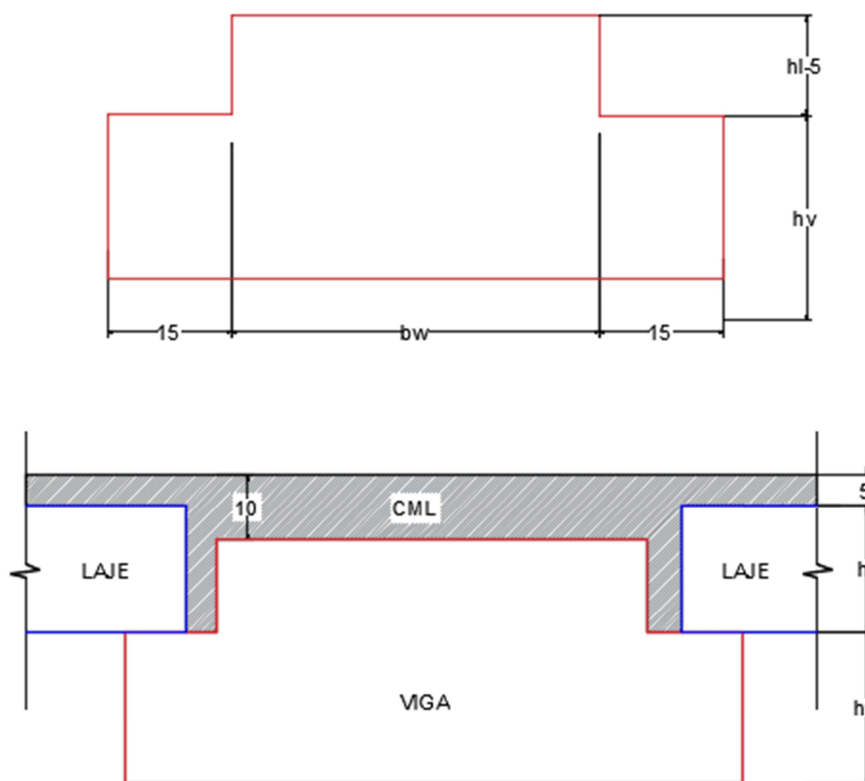


Figura 3.4 – Seção transversal da viga. Fonte: Albuquerque (2007) (Adaptada).



3.1.3. Pilares

A escolha de Albuquerque (2007) para a adoção de pilares baseou-se no levantamento realizado com fabricantes, no qual constatou que as seções dos pilares não variavam muito. Com isto, optou por definir os pilares relacionando a capacidade de carga com a seção do pilar considerando, para isso, uma resistência de 40 MPa para o concreto com uma taxa de aço de 3,0% e pé esquerdo de 4,0 m. Para atender as diferenças nas resistências do concreto, Albuquerque (2007) adotou os valores de taxa de aço média apresentados na Tabela 3.2.

Tabela 3.1 – Seções adotadas para pilares em função da carga vertical característica.

Fonte: Albuquerque (2007).

SEÇÃO DO PILAR (cm)	N_k (kN)
40x40	3800
50x50	6000
60x60	8000

Tabela 3.2 – Consumo médio de aço no pilar em função de sua resistência.

Fonte: Albuquerque (2007).

fck	kg/m³
35	150
40	120
45	90
50	60

3.1.4. Resistência à compressão

As resistências adotadas por Albuquerque (2007) foram, para concreto pré-moldado de 35, 40, 45 e 50 MPa (f_{ckpm}), e para o concreto moldado *in loco* de 20, 25, 30 e 35 MPa (f_{ckml}).

3.1.5. Hipóteses

As hipóteses de cálculo adotadas por Albuquerque (2007) foram:

- Para as lajes, como bi apoiadas;
- Para as vigas centrais recebendo lajes dos dois lados, bi apoiadas, para antes da solidarização, e contínua após a introdução da capa. Com momentos positivos absorvidos pelas armaduras passiva e protendida e momentos negativos pela armadura passiva;

3.2. CÓDIGO COMPUTACIONAL

O código elaborado por Albuquerque (2007) aborda as fases transitórias, os estados limites de serviço e os estados limites últimos, considerando a seção composta de acordo com a NBR-6118 (2003), que em relação a esse ponto nada foi alterado em relação à NBR 6118 (2014).

Sobre a estabilidade global Albuquerque (2007) entende que os esforços laterais são absorvidos pelos pilares e pilares paredes. Lembra ainda que, estruturas de pré-moldado são mais baixas, e que surge o efeito de pórtico devido

à execução de ligações rígidas ou semirrígidas. Com isto, desprezou a verificação da estabilidade global.

3.2.1. Dados envolvidos

Assim como em Albuquerque (2007), os dados de entrada referem-se à geometria da estrutura e características do algoritmo genético, como número de gerações e de indivíduos.

O usuário deverá fornecer a seguinte sequência de dados:

- 1- Número de pavimentos;
- 2- Distâncias mínimas permitidas pela arquitetura, tanto para a direção X quanto para Y;
- 3- Dimensões da estrutura em X e em Y;
- 4- Altura máxima do pavimento, que consiste na soma da altura da viga, altura da laje alveolar e altura da capa de concreto moldado *in loco*;
- 5- Largura máxima da viga;
- 6- Cargas acidentais, permanentes e decorrentes das paredes sobre as lajes;
- 7- Número de indivíduos para compor a população;
- 8- Número de indivíduos para o elitismo;
- 9- Número de gerações;
- 10- Taxas de cruzamento e mutação.

Permaneceu o implemento, na fase inicial do código realizada por Vieira (2014), que consiste na possível leitura de dados a partir de um arquivo de entrada.

Como resultado do processamento, o usuário obtém um conjunto de soluções classificadas de acordo com o consumo de água e penalidades, em ordem crescente, contendo as seguintes informações, para cada indivíduo:

- Número de vãos em X e em Y;
- Direção das lajes, quando na direção X assume valor zero (0) e quando na direção Y o valor um (1), nomeada como DL;
- Resistência à compressão para o concreto pré-moldado e o moldado *in loco*, nomeadas como f_{ckpm} e f_{ckml} , respectivamente;

- Vão, altura e tipo de laje adotada, nomeadas como l_{laje} , h_{laje} e VL, respectivamente;
- Altura da base, largura da alma, vão da viga e tipo de vigas adotadas nomeadas como h_v , b_w , l_{viga} e VV, respectivamente;
- Quantidade de barras protendidas, para a primeira e segunda camada, n_A e n_B , respectivamente. E número de barras passivas, NPT;
- Penalidades;
- Resultados da função objetivo;

As características das lajes, vinculadas a variável VL, e vigas, vinculadas a variável VV, estão disponíveis nos Anexos 1 e 2, respectivamente.

3.2.2. Restrições

As restrições apresentadas em Albuquerque (2007) permaneceram as mesmas, e consistem em:

- Verificação das tensões normais;
- Verificação dos estados limites de serviço;
- Verificação do momento resistente em relação ao momento de cálculo;
- Verificação das dimensões da peça, se essas estão dentro dos limites do domínio;
- Verificação dos vãos dos elementos, se eles estão maiores do que os valores mínimos impostos no início da execução do programa;
- Verificação das flechas finais;
- Para as lajes, verificação da linha neutra, se ela está acima dos alvéolos;
- Verificação da relação vão da laje e altura total da laje (laje + capa);
- Verificação do número de barras por camada, se elas são suportadas pelas dimensões da viga;
- Verificação da altura total do pavimento e da largura da viga, se eles são menores do que os limites informados pelo usuário;

3.2.3. Função objetivo

Por se tratar, no presente estudo, de uma avaliação do consumo de água para a fabricação da estrutura de concreto pré-moldado, os parâmetros utilizados por Albuquerque (2007), que analisavam o custo total da solução estrutural, tiveram de ser substituídos, a fim de satisfazer a nova função objetivo.

Para estabelecer os novos parâmetros a serem utilizados na programação, e que representam o consumo de água, foi necessário estabelecer três fases, sendo essas: a água utilizada na fabricação do concreto, na fabricação do aço e a utilizada no processo de cura do concreto.

a) Fabricação do concreto:

Um das variáveis utilizadas no algoritmo, que é analisada e modificada para otimização da estrutura, é a resistência da peça, o f_{ckpm} e f_{ckml} . Desta forma, é possível quantificar a água a ser utilizada no traço do concreto a partir da resistência requerida.

Barboza e Bastos (2008) apresentam um estudo sobre a dosagem de concreto no qual compara tipos de cimentos, CP II-E-32, CP II-F-32 e CP V-ARI, e correlaciona o traço e os consumos dos insumos à resistência do concreto. Em seu estudo constatou que, entre os tipos analisados, o CP II-E-32 exigia a menor quantidade de cimento para alcançar a mesma resistência.

Diante disto, foram utilizados os valores apresentados por Barboza e Bastos (2008) para o CP II-E-32 que quantificam o consumo da água em função da resistência apresentados na Tabela 3.3.

Os valores para o concreto moldado *in loco* são:

- $f_{ck} = 20$ MPa, consumo de 196 l/m³;
- $f_{ck} = 25$ MPa, consumo de 190 l/m³;
- $f_{ck} = 30$ MPa, consumo de 184 l/m³;
- $f_{ck} = 35$ MPa, consumo de 186 l/m³;

Os valores para o concreto pré-moldado são:

- $f_{ck} = 35$ MPa, $f_{ck} = 40$ MPa e $f_{ck} = 45$ MPa consumo de 186 l/m³;
- $f_{ck} = 50$ MPa, consumo de 185 l/m³;

Esta parcela, taxa multiplicada pelo volume de concreto, será identificada como $f_{\text{TRAÇO}}$, na função objetivo.

Tabela 3.3 – Dosagem com cimento CP II-E-32. Fonte: Bastos (2008).

Resistência de Dosagem Esperada (MPa) na Idade (dias)			TRAÇO EM MASSA								TRAÇO EM VOLUME					TRAÇO PARA UM SACO DE CIMENTO (50 kg)								
			Para 1 kg de cimento				Para 1 metro cúbico				Para 1 kg de cimento			Para 1 metro cúbico										
3	7	28	Areia (kg)	Pedra (kg)	a/c	Aditivo (%) ⁽¹⁾	Cimento (kg)	Areia (kg)	Pedra (kg)	Água (kg)	Aditivo (kg)	Areia (ℓ)	Pedra (ℓ)	a/c	Aditivo (%) ⁽¹⁾	Cimento (kg)	Areia (ℓ)	Pedra (ℓ)	Água (ℓ)	Aditivo (ℓ)	Areia (lata ⁽²⁾)	Pedra (lata ⁽²⁾)	Água (lata ⁽²⁾)	Aditivo (ml)
4	7	15	3,85	3,66	0,85	1,5	239	919	874	203	3,6	2,65	2,30	0,85	1,5	239	634	550	203	3,0	7,4	6,4	2,4	630
6	10	20	3,39	3,31	0,73		269	912	891	196	4,0	2,34	2,08	0,73		269	629	560	196	3,4	6,5	5,8	2,0	
8	14	25	3,10	3,10	0,65		292	906	904	190	4,4	2,14	1,95	0,65		292	625	569	190	3,7	5,9	5,4	1,8	
10	16	30	2,85	2,90	0,58		317	903	920	184	4,8	1,96	1,83	0,58		317	623	579	184	4,0	5,5	5,1	1,6	
13	20	35	2,59	2,71	0,54		344	891	932	186	5,2	1,79	1,70	0,54		344	614	586	186	4,4	5,0	4,7	1,5	
16	23	40	2,42	2,58	0,51		365	883	942	186	5,5	1,67	1,62	0,51		365	609	592	186	4,6	4,6	4,5	1,4	
20	28	45	2,25	2,45	0,48		387	870	949	186	5,8	1,55	1,54	0,48		387	600	597	186	4,9	4,3	4,3	1,3	
23	34	50	2,08	2,32	0,45		412	856	957	185	6,2	1,43	1,46	0,45		412	590	602	185	5,2	4,0	4,1	1,2	

⁽¹⁾ sobre a massa de cimento; ⁽²⁾ lata de 18 litros; materiais secos.

b) Fabricação do aço:

Para a produção do aço são dispendidos muitos recursos naturais, trata-se de um processo com significativa demanda energética e exploratória. Fases do processo que se beneficiam com a utilização da água tornam os efluentes contaminados, podendo conter substâncias como amônia, óleos, e metais pesados, de acordo com Amaral (2013).

Lobato (2012) aponta indicadores sobre a quantidade de água necessária na produção de diferentes manufaturados, dentre eles, a produção de aço, que será utilizada como peso de avaliação no código computacional desenvolvido neste trabalho. O autor expõe que, atualmente, para produzir uma tonelada de aço, a indústria siderúrgica consome 12000 l de água, ou seja, a taxa de consumo para a produção do aço é de 12 l/kg. Esta parcela, taxa multiplicada pelo aço total da estrutura, será identificada como $f_{\text{AÇO}}$ na função objetivo.

c) Cura do Concreto:

O processo de cura do concreto, de acordo com Mehta e Monteiro (1994), tem duas funções, a primeira é a de servir como uma proteção para que a água da reação presente na mistura não seja perdida, a segunda função é a de manter a temperatura da peça adequada, de modo que ela não tenha suas propriedades

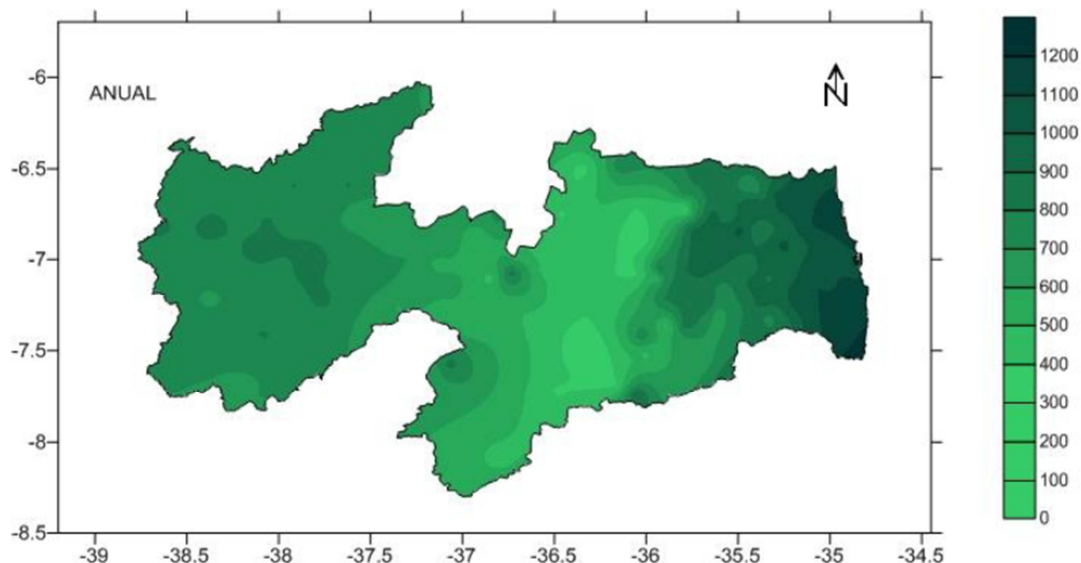
físicas prejudicadas, como o aparecimento de fissuras e o prejuízo na durabilidade e resistência.

Atualmente, existem no mercado inúmeros métodos para a realização da cura em peças de concreto, sendo considerado no desenvolvimento deste trabalho o processo de cura úmida, com a presença de uma lâmina de água. Após discussão com profissional da área e análise de publicações julgou-se suficiente a presença de uma lâmina de água com altura igual a um (1) cm sobre a superfície da peça, evitando que água do concreto fosse reduzida.

Para compensar a evaporação da lâmina no período da cura e fazer com que ela permaneça constante, com mesma espessura, foi considerada para a cidade de João Pessoa-PB uma taxa média anual de evaporação em torno de 1100 mm, Figura 3.5, (Francisco et al., 2015). Segundo os autores, este dado representa uma taxa de evaporação de aproximadamente 3 mm/dia. Sendo assim, em um período de 28 dias, intervalo de tempo no qual o concreto ganha a maior parte da resistência e que demanda maior cuidado, a evaporação da água é de 84 mm.

A soma da evaporação, no intervalo de tempo de cura, e do valor da lâmina de água adotada de um (1) cm, totalizou 9,4 cm de água por metro quadrado, que representa um consumo de 94 l/m², valor que foi considerado no código para a cura do concreto. A parcela referente a essa etapa, taxa multiplicada pela área das peças, foi chamada de f_{CURA} na função objetivo.

Figura 3.5 – Distribuição anual da evaporação na Paraíba. Fonte: Francisco et al (2015).



d) Função objetivo:

Com as informações apresentadas, a função objetivo será a soma das parcelas de consumo do traço, do aço e da cura, como descrito na Equação 3.1. As parcelas e o consumo final estão com a unidade demonstrada em litros (l).

$$F_{CONSUMO\ AGUA} = f_{TRAÇO} + f_{AÇO} + f_{CURA} \quad (3.1)$$

3.2.4. Desenvolvimento do Programa

A rotina de passos desenvolvida por Albuquerque (2007) não sofreu modificação. Em resumo, seguem as etapas descritas na Figura 3.6.

Figura 3.6 – Fluxograma Algoritmo. Fonte: Albuquerque (2007).



Após a geração da população inicial e penalização para cada indivíduo, a ordenação dos indivíduos escolhida por Albuquerque (2007) foi a do tipo RANK, que classifica de maneira crescente o valor da função aptidão de cada indivíduo. A função aptidão trata da penalidade do indivíduo aplicada à função objetivo, assim como em Albuquerque (2007), a função objetivo do algoritmo implementada neste trabalho deve ser minimizada e desta forma os indivíduos que possuem o menor valor de aptidão são os mais favoráveis a serem uma solução ótima. Em seguida, são eleitos os indivíduos que passarão por elitismo e mutação, de acordo com as quantidades informadas pelo usuário, o restante é descartado e novos indivíduos são criados para a substituição.

Albuquerque (2007), em seu código, apresenta um cálculo para o tamanho do cromossomo de acordo com as características geométricas da arquitetura, com intuito de tornar mais rápida a computação e eliminar as soluções que estejam fora do padrão estabelecido. Esta redução de espaço abrange os vãos mínimos e a largura máxima da viga, informações fornecidas pelo usuário.

O cruzamento apresentado em Albuquerque (2007) é o cruzamento uniforme e consiste na criação de uma máscara a cada geração, com bits aleatórios e quantidade de bits igual ao cromossomo, que determina a formação dos novos indivíduos. O processo de mutação, indicado em Albuquerque (2007), consiste em trocar o gene sempre que um número arbitrado aleatoriamente entre zero (0) e 100, a cada gene, for inferior à taxa de mutação arbitrada nos dados de entrada.

Albuquerque (2007) aponta que o número de barras em uma viga na camada superior deve ser menor do que da camada inferior, do contrário tornaria a situação antieconômica. Para reverter as situações em que isto ocorra foi implantada a rotina de transgênicos, que identifica essa condição e, quando ela ocorre, inverte as quantidades de barras entre as camadas.

Para evitar que em uma mesma geração ocorram dois ou mais indivíduos iguais, Albuquerque (2007) implantou a rotina dos gêmeos. Uma rotina que, quando essa condição é verificada, mantém um indivíduo e altera os demais.

4. SIMULAÇÃO DO CÓDIGO COMPUTACIONAL

Para a simulação do código escolheu-se o mesmo exemplo apresentado por Vieira (2014) a fim de comparar a melhor solução encontrada entre os pontos de vista da otimização. Os dados iniciais que foram fornecidos estão apresentados na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 – Dados de entrada da programação.

INFORMAÇÃO	VARIÁVEL	VALOR
Número de Pavimento	NUMPAV	4
Distância mínima entre pilares na direção X	DMINX	7,5 m
Distância mínima entre pilares na direção Y	DMINY	7,5 m
Dimensão do pavimento na direção X	LX	30 m
Dimensão do pavimento na direção Y	LY	30 m
Altura máxima do pavimento (Laje + Viga)	HMAX	0,7 m
Largura máxima da viga	BMAX	0,8 m
Sobrecarga	Q	2 kN/m ²
Carga permanente	GPR	1,5 kN/m ²
Parede sobre laje	GPL	1,5 kN/m ²
Número de indivíduos da população	NUMIND	700
Número de indivíduos para elitismo	ELIT	3
Número de gerações ou ciclos desejados	MAXGER	3000
Taxa de cruzamento	CRUZ	80 %
Taxa de mutação	PMUT	1 %

Na Figura 4.1 está apresentada a saída de dados do processamento para o primeiro indivíduo, que representa a solução com o melhor resultado, utilizando os dados da Tabela 4.1.

O APÊNDICE A demonstra com mais detalhes as informações para os demais indivíduos, que estão ordenados em valor crescente de penalidades e consumo de água. No APÊNDICE A as colunas NX e NY referem-se às 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 *in loco* 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 na viga. QDV é a quantidade de vigas, QDP a quantidade de pilares e QDL a quantidade de lajes. PEN é a penalidade sofrida pela solução por infringir as restrições, o menor valor que essa variável pode assumir é um (1), que significa que nenhuma restrição foi violada.

Figura 4.1 – Saída de dados. Indivíduo com a melhor função objetivo.

```

Variáveis Projeto individuo=      1
NumGen= 30
NX= 4
NY= 4
DL= 0
FCKCML= 35
FCKCPM= 50
HL= 0.17
LLJ= 7.50
HV= 0.40
BV= 0.40
LLV= 7.50
NA= 13
NB= 0
NPT= 0
Pentotal= 0.10E+01
Apt= 0.3498E+03
Volume Concreto (m3)= 0.76E+03
Peso total de aço (Kg)=0.18E+05
Taxa de aço Total (Kg/m3)= 0.232E+02
Consumo de Água no Traço do Concreto (m³)= 0.141534E+03
Consumo de Água na Cura do Concreto (m³)= 0.104539E+04
Consumo de Água para Produção do Aço (m³)= 0.212273E+03
Consumo %Concreto Pré-Moldado= 0.717E+02
Consumo %Concreto Moldado no Local= 0.283E+02
Consumo %Aço de Protensão= 0.135E+02
Consumo %Aço Passivo= 0.166E+01
Consumo de Água Total (m³)= 0.139920E+04
Consumo de Água da Estrutura/m3 (l/m3)= 0.175036E+04

DADOS DA LAJE INDIVÍDUO= 1
VL= 14
cf-Total (Laje)= -.65E-02
flecha (Laje)= 0.66E+02
f-Total (Laje)= 0.16E-01
LP= 0.40E+00

DADOS DA VIGA INDIVÍDUO= 1
VV= 5
cf-Total (Viga)= -.35E-02
f-Total (Viga)= 0.11E-01
qdv= 0.20E+02
QDP= 25
QDL= 0.10E+03

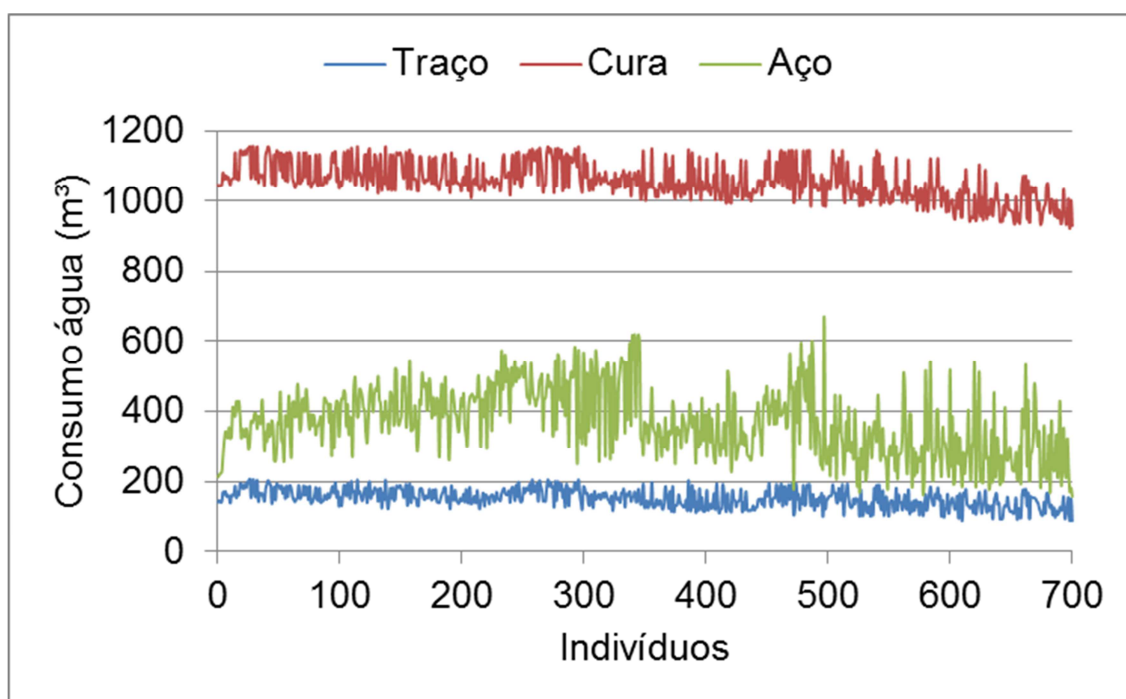
```

A solução apresentada na Figura 4.1 resultou em uma quantidade de vãos igual a quatro (4), tanto na direção X quanto na direção Y, direcionamento da laje em X, resistências de 35 MPa para o concreto moldado *in loco* e de 50 MPa para o concreto pré-moldado. Em relação à laje alveolar, altura igual a 17+5 cm e vão de 7,5 m. Quanto à viga, a altura de 0,4 m, base de 0,4 m e vão de 7,5 m. Os números de cabos de aço na primeira camada (NA), na segunda (NB) e o número de barras de aço passivo (NPT) iguais a 13, 0 e 0 respectivamente.

Na Figura 4.1 é possível perceber que o consumo de água para o concreto moldado pré-moldado foi de 71,7% e para o moldado *in loco* foi de

28,3%, isso se deve ao fato de o concreto pré-moldado corresponder a uma grande área superficial produzida por todos os elementos que compõem a estrutura. O consumo da água advinda da fabricação do aço de protensão correspondeu a 13,5% e do aço passivo 1,66% do consumo total, essas duas parcelas foram consideradas na porcentagem do concreto pré-moldado, apresentada anteriormente.

Figura 4.2 – Consumo total de água por fase considerada.



A Figura 4.2 demonstra a comparação entre as parcelas consideradas na função objetivo. A partir dos dados apresentados pode ser constatado que o consumo de água relacionado à cura do concreto é a parcela mais significativa da função objetivo, seguida pelo consumo na produção do aço utilizado na estrutura. Para o melhor indivíduo do processamento a parcela de consumo referente à cura do concreto foi de 1045,4 m³ de água, enquanto que para a produção do aço foi de 212,3 m³, ou seja, uma diferença de 833,1 m³. Comparando o consumo de água no processo de cura com o consumo na elaboração do traço do concreto, que correspondeu a 141,5 m³, a diferença foi de 903,9 m³, para o melhor indivíduo. A parcela referente à cura do concreto chegou a representar mais de

80% do total de água consumida na elaboração da estrutura, em algumas das soluções apresentadas pelo código.

A Figura 4.3 apresenta o consumo total de água para a fabricação da estrutura do edifício, para o melhor indivíduo apresentado pela programação esse consumo foi de 1400 m³ de água. Entre os indivíduos que não sofreram nenhuma penalização, ou seja, não violaram nenhuma restrição, a média do consumo total foi de aproximadamente 1600 m³, a diferença de consumo entre o melhor indivíduo e a média dos que obedeceram todas as restrições foi de 200 m³, um valor considerável que reforça o sucesso da otimização.

A partir da Figura 4.3 é possível observar que a o código forneceu indivíduos com consumo de água menor do que as primeiras soluções, ressaltando que os primeiros indivíduos representam os melhores resultados para a função objetivo. Contudo, analisar somente o consumo total não garante a excelência da solução, pois devido à aleatoriedade na geração das soluções podem ocorrer no desenvolver do código indivíduos que não satisfaçam as restrições arquitetônicas e de cálculo apresentadas no item 3.2.2, e que por isso sofreram penalizações.

Figura 4.3 – Consumo de Água Total por indivíduo (m³).

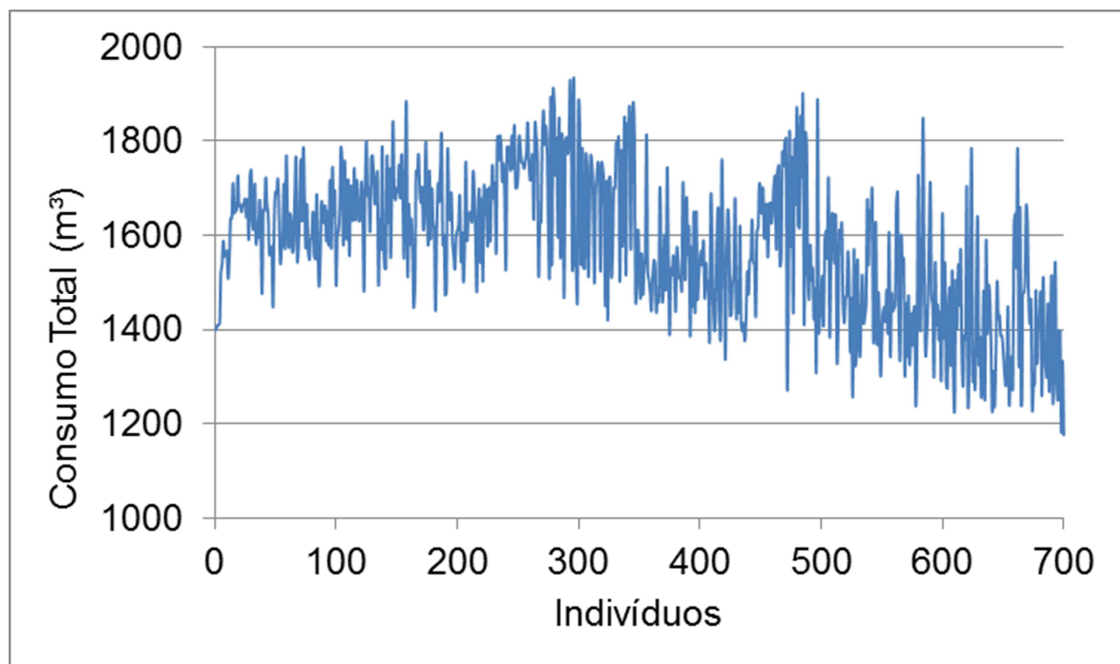
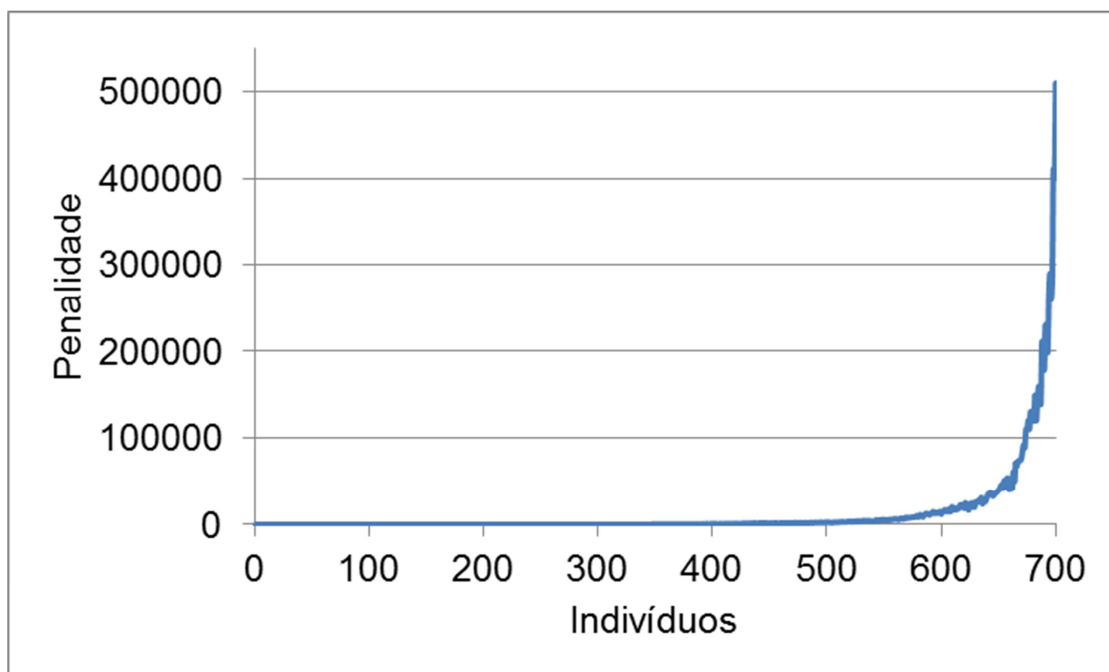
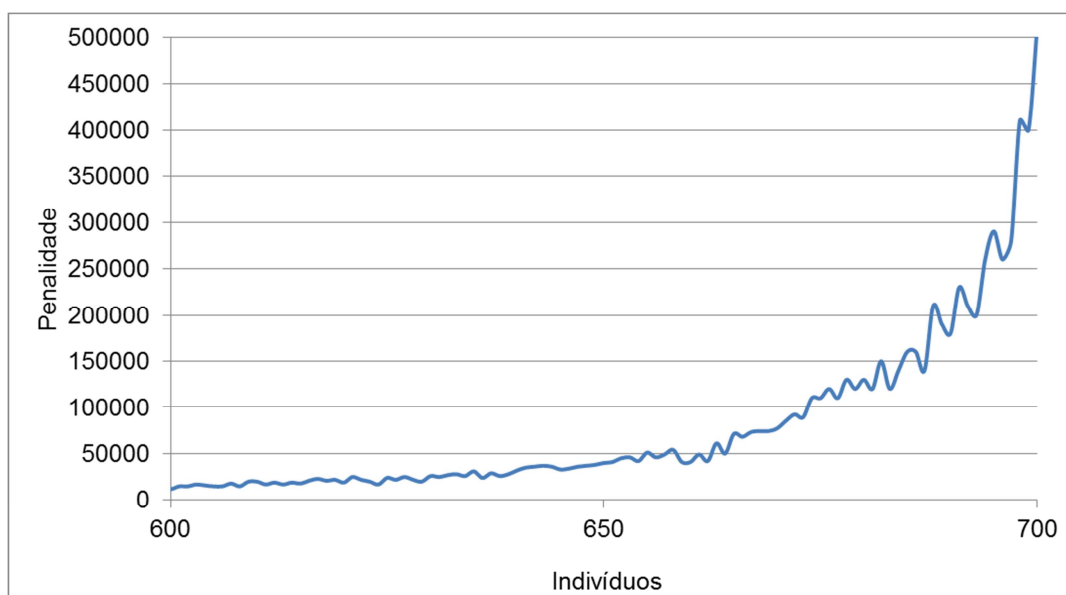


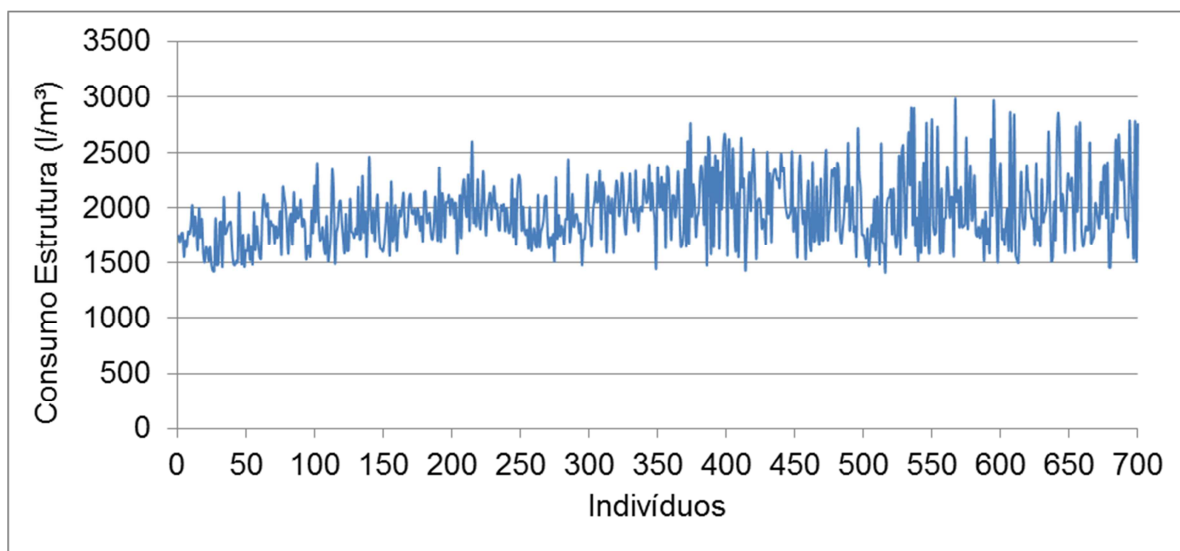
Figura 4.4 – Penalidade para cada indivíduo.**Figura 4.5 – Detalhe das penalidades entre os indivíduos 550 e 660.**

A Figura 4.4 apresenta as penalidades para todos os indivíduos, já a Figura 4.5 apresenta as penalidades a partir do 600º indivíduo, uma vez que nesse intervalo apresentaram-se soluções com um consumo de água total menor do que os primeiros indivíduos. Na Figura 4.5 é possível notar, que neste intervalo, os indivíduos tiveram valores de penalidades bem superiores aos das primeiras soluções, o que indica que houveram violações nas restrições utilizadas

no código, e conseqüentemente não são soluções viáveis. Atribui-se essas penalidades maiores ao fato do algoritmo propor diversas soluções, inclusive soluções com dimensões insuficientes, que não satisfazem aos esforços atuantes, para minimizar o consumo de água, principalmente devido à parcela da cura, que demonstrou ser a mais preponderante. Para a solução ser considerada otimizada, além de resultar em um consumo de água menor ela deve respeitar as condições arquitetônicas e restrições de cálculo, isso significa que não devem sofrer penalidades superiores a um (1).

A Figura 4.6 apresenta o consumo em litros de água por volume de estrutura pré-moldada, para as soluções apresentadas pelo programa. O consumo médio por m^3 de estrutura pré-moldada para esse processamento foi de 1960 l/m^3 . A partir das informações de consumo de água total e área total construída calculou-se um valor de consumo de m^3 de água por m^2 de área construída, para o indivíduo com melhor aptidão do exemplo exposto esse valor foi de 0,40 m^3/m^2 .

Figura 4.6 – Consumo em litros de água por m^3 de estrutura pré-moldada.



A Tabela 4.2 apresenta o consumo de água total para as melhores soluções.

Tabela 4.2 – Resultado de consumo de água para as melhores soluções.

SOLUÇÃO	CONSUMO TOTAL (m ³)	CONSUMO ESTRUTURA (l/m ³)	CONSUMO POR ÁREA (m ³ /m ²)
1	1399,20	1750,36	0,40
2	1408,18	1692,41	0,40
3	1409,40	1768,81	0,40
4	1413,63	1775,53	0,40
5	1521,38	1554,59	0,40
6	1538,57	1706,69	0,40
7	1588,11	1647,25	0,40
8	1555,92	1787,84	0,40
9	1557,69	1764,93	0,40
10	1566,25	1858,09	0,40

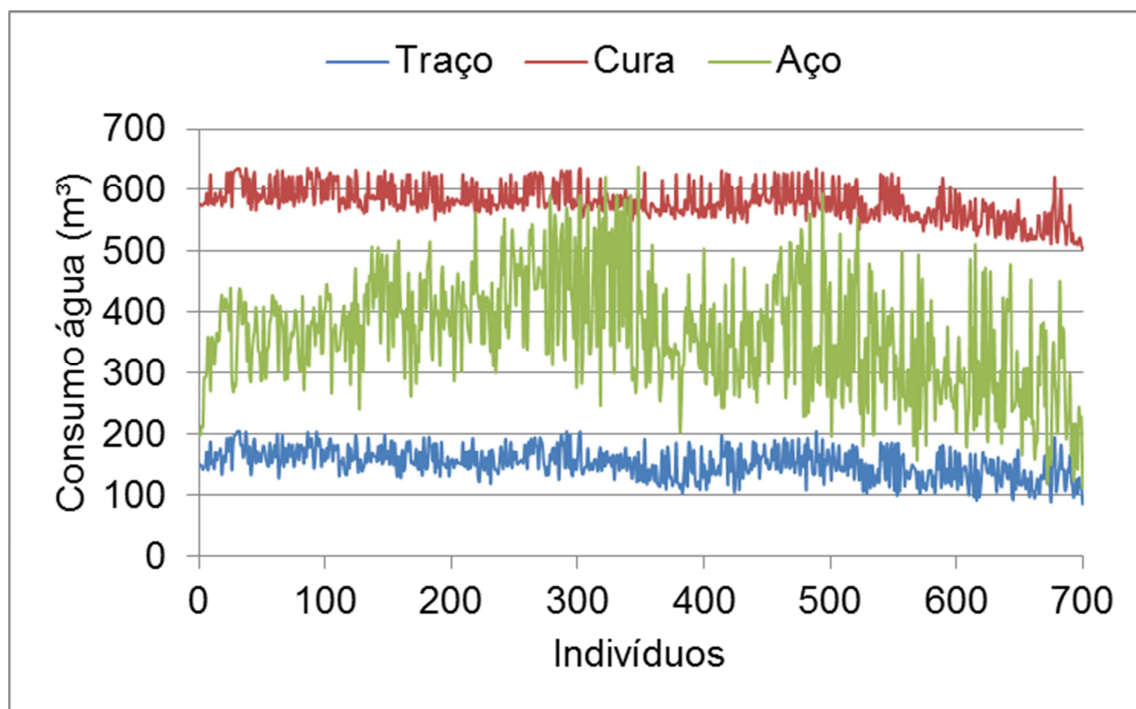
4.1. Análise da cura

Como é frequente, ainda que não indicado para o cimento comum (Ex: CP-II), a adoção da cura em um intervalo menor do que os 28 dias, realizou-se a avaliação considerando-a em um período mais curto, de 14 dias, o que resultou em uma taxa de 52 l/m² para a parcela referente à cura, na função objetivo. Os dados de entrada permaneceram os mesmos da simulação anterior, expostos na Tabela 4.1.

O resultado desse processamento gerou um consumo de água médio igual a 1100 m³, para os indivíduos que não apresentaram nenhuma violação às restrições e por consequência não foram penalizados. Para o melhor indivíduo apresentado esse consumo foi de 929 m³, valor abaixo do valor médio. O valor médio do consumo de água por volume de estrutura pré-moldada passou de 1960 l/m³, com cura de 28 dias, para aproximadamente 1430 l/m³, com a cura de 14 dias. A taxa de consumo, de m³ de água por m² de área construída, passou de 0,40 m³/m² para 0,26 m³/m². A redução no consumo total entre o primeiro e o segundo processamento foi de 34,0 %, para as soluções mais otimizadas. Como pode ser observado na Figura 4.7, a parcela de consumo referente à cura de

concreto ainda é a mais significativa para a maioria das soluções, apesar de apresentar uma diferença menor, em relação às outras parcelas.

Figura 4.7 – Parcelas de consumo para cura de 14 dias.



A Figura 4.8 expõem as características estruturais da melhor solução considerando a cura de 14 dias. A Tabela 4.3 compara os resultados obtidos na primeira e na segunda simulação. Nota-se que no aspecto estrutural, resistência do concreto pré-moldado, número de peças, de barras e de vãos, as soluções apresentaram configurações aproximadas.

Os volumes de concreto apresentado nas duas soluções permaneceram os mesmos, de 760 m³. As taxas de aço, também permaneceram iguais, 23,2 kg/m³, assim como as dimensões das vigas, base e altura de 40 cm, e a altura da laje de 17. Essas semelhanças afirmam a convergência do código para uma solução ótima. As resistências do concreto foi 5 MPa menor para o processamento considerando a cura no período de 14 dias.

A maior diferença entre os exemplos foi na parcela de consumo referente à cura do concreto que passou de aproximadamente 1045 m³ para 575 m³ de água.

Figura 4.8 – Melhor solução, com cura de 14 dias.

Variáveis Projeto individuo= 1

NumGen= 30
 NX= 4
 NY= 4
 DL= 1
 FCKCML= 30
 FCKCPM= 45
 HL= 0.17
 LLJ= 7.50
 HV= 0.40
 BV= 0.40
 LLV= 7.50
 NA= 13
 NB= 0
 NPT= 0
 Pentotal= 0.10E+01
 Apt= 0.2340E+03
 Volume Concreto (m³)= 0.76E+03
 Peso total de aço (Kg)=0.18E+05
 Taxa de aço Total (Kg/m³)= 0.232E+02
 Consumo de Água no Traço do Concreto (m³)= 0.141726E+03
 Consumo de Água na Cura do Concreto (m³)= 0.574966E+03
 Consumo de Água para Produção do Aço (m³)= 0.212273E+03
 Consumo %Concreto Pré-Moldado= 0.749E+02
 Consumo %Concreto Moldado no Local= 0.251E+02
 Consumo %Aço de Protensão= 0.204E+02
 Consumo %Aço Passivo= 0.250E+01
 Consumo de Água Total (m³)= 0.928965E+03
 Consumo de Água da Estrutura/m³ (l/m³)= 0.121352E+04

DADOS DA LAJE INDIVÍDUO= 1
 VL= 14
 cf-Total (Laje)= -.68E-02
 flecha (Laje)= 0.66E+02
 f-Total (Laje)= 0.17E-01
 LP= 0.40E+00

DADOS DA VIGA INDIVÍDUO= 1
 VV= 5
 cf-Total (Viga)= -.37E-02
 f-Total (Viga)= 0.11E-01
 qdv= 0.20E+02
 QDP= 25
 QDL= 0.10E+03

Tabela 4.3 – Comparação das soluções mais otimizada para cura de 28 e 14 dias.

VARIÁVEL	CURA 28 DIAS	CURA 14 DIAS
Número de vãos em X	4	4
Número de vãos em Y	4	4
Direção das lajes	X	Y
fck concreto moldado <i>in loco</i>	35 MPa	30 MPa
fck concreto pré-moldado	50 MPa	45 MPa
Altura da laje	0,17 m	0,17 m
Vão da laje	7,50 m	7,50 m
Altura da viga	0,40 m	0,40 m
Base da viga	0,40 m	0,40 m
Vão da viga.	7,50 m	7,50 m
Cabos de protensão na 1ª camada	13	13
Cabos de protensão na 2ª camada	0	0
Barras passivas	0	0
Quantidade de vigas	20	20

VARIÁVEL	CURA 28 DIAS	CURA 14 DIAS
Quantidade de pilares	25	25
Quantidade de lajes	100	100
Consumo de concreto	760 m ³	760 m ³
Taxa de aço	23,2 kg/m ³	23,2 kg/m ³
Consumo total de água	1400 m ³	929 m ³

4.2. Comparação com a emissão de CO₂

Com os mesmos dados apresentados na Tabela 4.1, Vieira (2014) otimizou a estrutura em função da emissão de gás carbônico, a fim de obter uma solução com a menor carga de CO₂, o resultado do processamento para o algoritmo de Vieira (2014) é apresentado na Figura 4.9.

A Tabela 4.4 confronta os resultados das simulações apresentadas nas Figuras 4.1 e 4.9. É possível observar que o processamento de Vieira (2014) resultou em menores resistências para o concreto do que a otimização de consumo de água. Isso se deve, principalmente, ao fato de a resistência ser diretamente proporcional à emissão de CO₂, como apresentado em Vieira (2014) e inversamente proporcional ao consumo de água, requerida para a elaboração do traço.

As quantidades de elementos por pavimento permaneceram iguais para ambas as otimizações, sendo a quantidade por pavimento de vigas, pilares e lajes alveolares foram, respectivamente, iguais a 20, 25 e 100. O volume de concreto consumido diferiu entre os processamentos, para a otimização do consumo de água resultou em um maior volume de concreto, 760 m³ no total, para a otimização de emissão de gás carbônico o consumo foi de 710 m³. Por outro lado, a taxa de aço foi maior na otimização de emissão de CO₂, 38,8 kg/m³, contra 23,2 kg/m³ para a otimização de consumo de água. As resistências para a otimização do consumo de água demonstraram-se maiores do que para a otimização de emissão de gás carbônico.

Figura 4.9 – Resultado melhor indivíduo, para emissão de CO₂.

```

Variáveis Projeto individuo= 1
NumGen= 30
NX= 4
NY= 4
DL= 0
FCKCML= 20
FCKCPM= 40
HL= 0.13
LLJ= 7.50
HV= 0.25
BV= 0.80
LLV= 7.50
NA= 16
NB= 4
NPT= 0
Pentotal= 0.10E+01
Apt= 0.6513E+05
Volume Concreto (m3)= 0.71E+03
Peso total de aço (Kg)=0.27E+05
Taxa de aço Total (Kg/m3)= 0.388E+02
Emissão de CO2 do Concreto (Kg)= 0.233663E+06
Emissão de CO2 do Aço de Protensão (Kg)= 0.1504E+05
Emissão de CO2 do Aço Passivo (Kg)= 0.7383E+04
Emissão de CO2 do Transporte (Kg)= 0.225E+04
Emissão de CO2 da Montagem (Kg)= 0.2175E+04
Emissão %Concreto Pré-Moldado= 0.782E+02
Emissão %Concreto Moldado no Local= 0.202E+02
Emissão %Transporte= 0.863E+00
Emissão %Montagem= 0.835E+00
Emissão %Aço de Protensão= 0.577E+01
Emissão %Aço Passivo= 0.283E+01
Emissão de CO2 Total (Kg)= 0.260512E+06
Emissão de CO2 da Estrutura/m3 (Kg/m3)= 0.413355E+03

DADOS DA LAJE INDIVÍDUO= 1
VL= 9
cf-Total (Laje)= -.11E-01
flecha (Laje)= 0.49E+02
f-Total (Laje)= 0.26E-01
LP= 0.40E+00

DADOS DA VIGA INDIVÍDUO= 1
VV= 22
cf-Total (Viga)= -.77E-02
f-Total (Viga)= 0.20E-01
qdv= 0.20E+02
QDP= 25
QDL= 0.10E+03

```

Tabela 4.4 – Comparação das soluções mais otimizada para otimização da água e de CO₂.

VARIÁVEL	OTIMIZAÇÃO ÁGUA	OTIMIZAÇÃO CO ₂
Número de vãos em X	4	4
Número de vãos em Y	4	4
Direção das lajes	X	X
fck concreto moldado <i>in loco</i>	35 MPa	20 MPa
fck concreto pré-moldado	50 MPa	40 MPa
Altura da laje	0,17 m	0,13 m
Vão da laje	7,50 m	7,50 m
Altura da viga	0,40 m	0,25 m
Base da viga	0,40 m	0,80 m
Vão da viga.	7,50 m	7,50 m
Cabos de protensão na 1ª camada	13	16
Cabos de protensão na 2ª camada	0	4
Barras passivas	0	0
Quantidade de vigas	20	20
Quantidade de pilares	25	25

VARIÁVEL	OTIMIZAÇÃO ÁGUA	OTIMIZAÇÃO CO ₂
Quantidade de lajes	100	100
Consumo de concreto	760 m ³	710 m ³
Taxa de aço	23,2 kg/m ³	38,80 kg/m ³

Como a parcela referente à cura foi a mais impactante no consumo de água total, optou-se por realizar um processamento que não a considerasse, levando em conta, unicamente, a produção do concreto armado. O resultado foi uma solução pouco diferente da solução apresentada na otimização do consumo de água, como pode ser constatado na Tabela 4.5. Entretanto, é possível observar diferenças, sobretudo nas alturas das lajes e no consumo de concreto total. No geral, esse processamento não demonstrou uma solução convergente com a solução da emissão de CO₂.

Tabela 4.5 – Comparação das soluções mais otimizada para otimização da água, sem a parcela de cura, e de CO₂.

VARIÁVEL	OTIMIZAÇÃO ÁGUA (sem cura)	OTIMIZAÇÃO ÁGUA	OTIMIZAÇÃO CO ₂
Número de vãos em X	4	4	4
Número de vãos em Y	4	4	4
Direção das lajes	Y	X	X
fck concreto moldado <i>in loco</i>	35 MPa	35 MPa	20 MPa
fck concreto pré-moldado	50 MPa	50 MPa	40 MPa
Altura da laje	0,20 m	0,17 m	0,13 m
Vão da laje	7,50 m	7,50 m	7,50 m
Altura da viga	0,40 m	0,40 m	0,25 m
Base da viga	0,40 m	0,40 m	0,80 m
Vão da viga.	7,50 m	7,50 m	7,50 m
Cabos de protensão na 1ª camada	13	13	16
Cabos de protensão na 2ª camada	0	0	4
Barras passivas	0	0	0
Quantidade de vigas	20	20	20

VARIÁVEL	OTIMIZAÇÃO ÁGUA (sem cura)	OTIMIZAÇÃO ÁGUA	OTIMIZAÇÃO CO₂
Quantidade de pilares	25	25	25
Quantidade de lajes	99	100	100
Consumo de concreto	810 m ³	760 m ³	710 m ³
Taxa de aço	19,9 kg/m ³	23,2 kg/m ³	38,8 kg/m ³

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A engenharia civil garante à população acesso aos produtos de necessidade básica, como o saneamento, esgotamento sanitário e moradia, além de ser uma indústria que gera muitos empregos onde está instalada. Pode ser considerada, uma área indispensável para a melhoria da qualidade de vida. Contudo, os impactos que a indústria da construção promove não são poucos e nem suaves, estando presentes em todas as etapas que a compõem, desde a extração das matérias primas para a produção dos insumos até a eventual demolição da construção, com a geração de resíduos.

Para uma construção ser considerada sustentável é necessário que apresente avanços tecnológicos, promovendo melhor bem-estar aos usuários, sem comprometer a ausência dos recursos para as próximas gerações. A sustentabilidade não abrange somente as questões ambientais trata-se, também, das demandas sociais e econômicas.

O consumo de água é, para a indústria da construção civil, algo indispensável assim como é, também, para o desenvolvimento da vida. A escassez hídrica já abrange muitas regiões e a água tem sua qualidade cada vez mais prejudicada. Garantir o abastecimento suficiente e de qualidade tornar-se-á cada vez mais difícil e oneroso, desta forma maior será a parcela do custo total de um empreendimento direcionada a cobrir o consumo de água.

Após o processamento dos exemplos, o primeiro ponto que se destacou foi a magnitude do consumo de água consumida no processo de cura do concreto, diante das demais parcelas consideradas na otimização. Trata-se de uma etapa fundamental para o desenvolvimento de um concreto com bom desempenho e que demonstrou ser a principal fonte de consumo de água na fabricação da estrutura do edifício, chegando a consumir mais de 80,0% do total de água para o desenvolvimento da estrutura, em um período de 28 dias. O volume de água considerado no processamento foi um valor mínimo necessário para evitar que o concreto perca a água de reação, esse consumo pode ser ainda mais significativo em obras com profissionais inexperientes que utilizem lâminas de água maiores, e não atentem para o desperdício nessa etapa.

O método de cura considerado neste trabalho foi o tipo úmido com a presença de lâmina de água, no entanto, para poupar esse recurso natural e tornar mais sustentável a edificação é possível optar por métodos alternativos, como a cura com mantas úmidas, que utilizam tecidos que retêm a umidade, ou a cura química, que a partir de elementos químicos cria uma película que protege a água do concreto da evaporação.

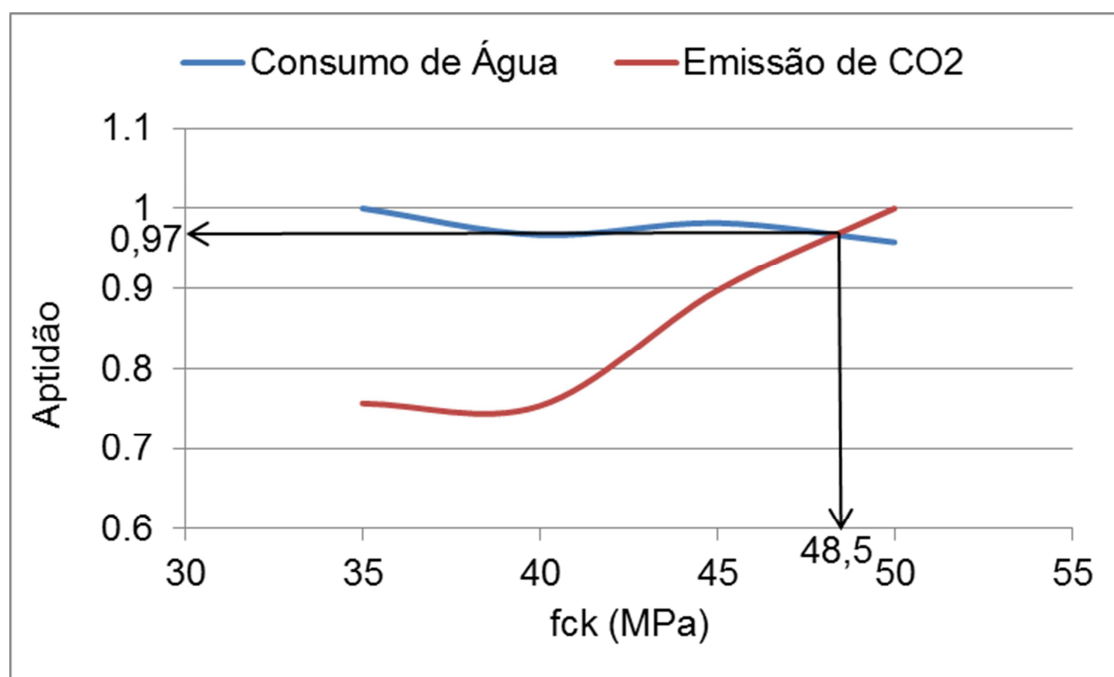
Diante dos processamentos realizados o algoritmo genético demonstrou consistência em seus resultados, mesmo após a mudança no intervalo de cura, de 28 para 14 dias, o código forneceu soluções estruturais muito semelhantes, isto porque, como já mencionado, o consumo de água na cura foi o de maior peso na avaliação e está diretamente relacionado com a área superficial das peças. Sendo assim, o processamento buscou a solução que gerasse a menor área superficial.

Para a cura no período de 28 dias o consumo total, da melhor solução apresentada pelo programa, foi de 1400 m³ o que implicou em uma taxa de 0,40 m³/m² de área construída. Já para a cura no período de 14 dias, esse consumo passou para 929 m³ e uma taxa de 0,26 m³/m², uma redução de 34,0 %. Isto não implica que curas em menores períodos são sustentáveis, se esse processo não for realizado de acordo com as normas e especificações pode comprometer a integridade da estrutura, e acarretar em prejuízos e danos muito maiores.

A partir da análise dos resultados do processamento de Vieira (2014) e o processamento apresentado neste trabalho notou-se uma redução na taxa de aço e um aumento no volume de concreto da estrutura. Os algoritmos demonstraram divergência em relação à resistência do concreto, enquanto a otimização de água deu resultados com resistências maiores, a otimização da emissão de gás carbônico priorizou as menores resistências.

A Figura 5.1 apresenta no eixo X as resistências do concreto pré-moldado e no eixo Y as aptidões normalizadas das soluções. Os códigos apresentaram um ponto de intersecção que igualou a resistência do concreto, entre 45 MPa e 50 MPa.

Figura 5.1 – Aptidão das soluções em função da resistência do concreto pré-moldado.



Os indivíduos que apresentaram maior proximidade com as informações do ponto de intersecção, nos dois códigos, estão apresentados na Tabela 5.1. As duas soluções mostraram-se semelhantes, à exceção da taxa de aço e da resistência característica do concreto moldado *in loco*, que apresentou uma diferença pequena, de 5 MPa, as demais variáveis permaneceram iguais. Demonstrando ser uma solução de equilíbrio entre o consumo de água e a emissão de CO₂.

Tabela 5.1 - Indivíduos próximos ao ponto de intersecção.

VARIÁVEL	OTIMIZAÇÃO ÁGUA	OTIMIZAÇÃO CO ₂
Número de vãos em X	4	4
Número de vãos em Y	4	4
Direção das lajes	Y	Y
fck concreto moldado <i>in loco</i>	20 MPa	25 MPa
fck concreto pré-moldado	50 MPa	50 MPa
Altura da laje	0,20 m	0,20 m
Vão da laje	7,5 m	7,5 m
Altura da viga	0,3 m	0,25 m
Base da viga	0,80 m	0,80 m

VARIÁVEL	OTIMIZAÇÃO ÁGUA	OTIMIZAÇÃO CO₂
Vão da viga.	7,5 m	7,5 m
Cabos de protensão na 1 ^a camada	14	13
Cabos de protensão na 2 ^a camada	10	10
Barras passivas	6	4
Quantidade de vigas	20	20
Quantidade de lajes	99	99
Quantidade de pilares	25	25
Consumo de concreto	860 m ³	860 m ³
Taxa de aço	28,8 kg/m ³	39,0 kg/m ³
Objetivo	1653 l de água	372647 Kg de CO ₂

5.1. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como prosseguimento nos estudos relacionados a este trabalho propõem-se as seguintes continuações:

- Realizar ensaios, avaliando o período ótimo para a cura do concreto, sem prejudicar a qualidade final da estrutura;
- Levantamento de outras parcelas de consumo de água relacionadas à estrutura, como o consumo humano e a lavagem dos equipamentos;
- Associação de outras etapas construtivas, a fim de englobar mais parâmetros de consumo de água em uma edificação, como execução de fundações e fase de acabamento do edifício;
- Confrontar os resultados do processo de otimização apresentado neste trabalho com outros métodos e avaliar qual o mais eficiente para a área estudada;
- Aplicar a metodologia com outros fatores que implicam no impacto ambiental que a construção civil gera;

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10520: informação e documentação: citações em documentos: apresentação**. Rio de Janeiro, 2002.
- 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. São Carlos, 2007.
- AMARAL, E. D. DO. **Ganhos Ambientais e Econômicos na Redução de Consumo de Aço em uma Indústria de Autopeças pela Aplicação da Filosofia Kaizen**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2013.
- BARBOZA, M. R.; BASTOS, P. S. **Traços de concreto para obras de pequeno porte**. *Concreto e Construção*, Ano XXVI, nº52, p. 32-36, 2008.
- BASTOS, E. A. **Otimização de Seções Retangulares de Concreto Armado Submetidas à Flexo-Compressão Oblíqua Utilizando Algoritmos Genéticos**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2004.
- BENNETT, A. P. **Finite population effects for ranking and tournament selection**. *Complex Systems*, v.11, p.1-24, 1997.
- BORGES, FI. P. S. **Otimização via algoritmo genético do processo construtivo de estruturas de concreto submetidos à retração restringida tendo em vista a fissuração nas primeiras idades**. Dissertação (Mestrado) Apresentada à COPPE/ Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2002.
- BUENO, C. **Avaliação de desempenho ambiental de edificações habitacionais: Análise comparativa de certificação no contexto brasileiro**. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2010.
- CASTRO, R. E. DE. **Otimização de Estruturas com Multi-objetivos Via Algoritmos Genéticos**. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE. Rio de Janeiro, 2001.

- CARBONO, A J. J. **Otimização da disposição de linhas de ancoragem utilizando algoritmos genéticos.** Dissertação (Mestrado) – PUC-Rio, Rio de Janeiro, 2005.
- COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. **Nosso Futuro Comum.** 2ª ed. Editora da Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro, 1991. 430 p.
- CORRÊA, L. R. **Sustentabilidade na construção civil.** Monografia – UFMG – Escola de Engenharia. Belo Horizonte, 2009.
- FRANCISCO, P. R. M. Et al. **Análise e mapeamento da evaporação para o estado da Paraíba. AGROPECUÁRIA CIENTÍFICA NO SEMIÁRIDO,** V. 11, nº 2, p. 111-121, 2015.
- LOBATO, F. **Recursos Hídricos e a Economia Verde - Setor Privado.** FBDS - Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável, Rio de Janeiro, 2012. 52 p.
- MEHTA, P. K; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: estrutura, propriedades e materiais.** 1ª ed. São Paulo: PINI, 1994. 573p.
- PESSARELLO, R. G. **Estudo Exploratório quanto ao consumo de água na produção de obras de edifícios: avaliação e fatores influenciadores.** Monografia (Graduação) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.
- SILVA, R. R. DA; VIOLIN, R. Y. T. **Gestão Da Água Em Canteiros De Obras De Construção Civil.** VIII EPCC – Encontro Internacional de Produção Científica Cesumar, 2013, Maringá. Anais eletrônicos... Maringá: Editora CESUMAR, 2013.
- TICIANI, E. **Racionalização De Projetos E Redução Dos Custos Ambientais Na Construção Civil: O Caso Da Universidade Das Américas - UNIAMÉRICA.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal De Santa Catarina. Florianópolis, 2005.
- VIEIRA, A. DE A. **Redução do Impacto Ambiental das Estruturas em Concreto Pré-Moldado.** Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2014.

ANEXO 1 - Características das lajes – VL

VL	N	Cordoalha [mm ²]	Pa (VL) [MN]	hL (VL) [cm]	xmax (VL) [cm]	Apl (VL) [m ²]
1	6	21,8	0,184351	9	6,5	0,000131
2	8	21,8	0,245801	9	6,5	0,000174
3	10	21,8	0,307251	9	6,5	0,000218
4	12	21,8	0,368702	9	6,5	0,000262
5	8	21,8	0,245801	13	7	0,000174
6	8	30,3	0,341641	13	7	0,000242
7	8	38,3	0,431843	13	7	0,000306
8	8	46,5	0,524301	13	7	0,000372
9	8	55,5	0,625778	13	7	0,000444
10	8	21,8	0,245801	17	7,5	0,000174
11	8	30,3	0,341641	17	7,5	0,000242
12	8	38,3	0,431843	17	7,5	0,000306
13	8	46,5	0,524301	17	7,5	0,000372
14	8	55,5	0,625778	17	7,5	0,000444
15	8	66,5	0,749806	17	7,5	0,000532
16	8	38,3	0,431843	20	7,25	0,000306
17	8	46,5	0,524301	20	7,25	0,000372
18	8	55,5	0,625778	20	7,25	0,000444
19	8	66,5	0,749806	20	7,25	0,000532
20	8	101,4	1,143313	20	7,25	0,000811
21	10	101,4	1,429142	20	7,25	0,001014
22	8	38,3	0,431843	21	8	0,000306
23	8	46,5	0,524301	21	8	0,000372
24	8	55,5	0,625778	21	8	0,000444
25	8	66,5	0,749806	21	8	0,000532
26	8	101,4	1,143313	21	8	0,000811
27	10	101,4	1,429142	21	8	0,001014
28	8	38,3	0,431843	26	8,5	0,000306
29	8	46,5	0,524301	26	8,5	0,000372
30	8	55,5	0,625778	26	8,5	0,000444
31	8	66,5	0,749806	26	8,5	0,000532
32	8	101,4	1,143313	26	8,5	0,000811

ANEXO 2 – Características das vigas – VV

VV	h _v (VV) [cm]	b _w (VV) [cm]	n _{max} (VV) [cm]
1	20	40	13
2	25	40	13
3	30	40	13
4	35	40	13
5	40	40	13
6	20	50	15
7	25	50	15
8	30	50	15
9	35	50	15
10	40	50	15
11	20	60	17
12	25	60	17
13	30	60	17
14	35	60	17
15	40	60	17
16	20	70	19
17	25	70	19
18	30	70	19
19	35	70	19
20	40	70	19
21	20	80	21
22	25	80	21
23	30	80	21
24	35	80	21
25	40	80	21
26	20	90	23
27	25	90	23
28	30	90	23
29	35	90	23
30	40	90	23

APÊNDICE A – Resultado processamento

INDIVÍDUO	NUMGEN	Nx	Ny	DL	FCK CML	FCK CPM	HL	LLJ	HV	BV	LLV	NA	NB	NPT	QDV	QDL	QDP	PEN	CONSUMO TOTAL (m³)	CONSUMO ESTRUTURA (l/m³)
1	30	4	4	0	35	50	0.17	7.5	0.4	0.4	7.5	13	0	0	20	99	25	1	1399.2	1750.36
2	30	4	4	1	30	50	0.2	7.5	0.3	0.5	7.5	15	0	4	20	99	25	1	1408.18	1692.41
3	30	4	4	0	30	50	0.17	7.5	0.4	0.4	7.5	13	0	4	20	99	25	1	1409.4	1768.81
4	30	4	4	0	35	45	0.17	7.5	0.4	0.4	7.5	10	4	2	20	99	25	1	1413.63	1775.53
5	30	4	4	0	30	50	0.21	7.5	0.4	0.7	7.5	16	0	2	20	99	25	1	1521.38	1554.59
6	30	4	4	0	20	40	0.2	7.5	0.35	0.7	7.5	12	5	4	20	99	25	1	1538.57	1706.69
7	30	4	4	0	25	50	0.2	7.5	0.4	0.8	7.5	21	0	0	20	99	25	1	1588.11	1647.25
8	30	4	4	1	30	45	0.17	7.5	0.4	0.7	7.5	14	4	6	20	99	25	1	1555.92	1787.84
9	30	4	4	1	20	40	0.21	7.5	0.25	0.8	7.5	16	6	2	20	99	25	1	1557.69	1764.93
10	30	4	4	0	25	40	0.2	7.5	0.25	0.8	7.5	14	6	4	20	99	25	1	1566.25	1858.09
11	30	4	4	0	35	50	0.17	7.5	0.2	0.8	7.5	21	2	0	20	99	25	1	1508.9	2026.3
12	30	4	4	0	25	45	0.2	7.5	0.3	0.8	7.5	18	0	2	20	99	25	1	1552.02	1748.53
13	30	4	4	1	20	35	0.17	7.5	0.35	0.8	7.5	12	8	4	20	99	25	1	1634.9	1923.65
14	30	4	4	0	30	35	0.2	7.5	0.35	0.8	7.5	15	8	0	20	99	25	1	1635.24	1791.67
15	30	4	4	0	30	50	0.26	7.5	0.3	0.7	7.5	15	4	2	20	99	25	1	1711.54	1618.84
16	30	4	4	0	35	45	0.21	7.5	0.2	0.8	7.5	13	12	6	20	99	25	1	1646.97	1999.26
17	30	4	4	1	30	50	0.21	7.5	0.4	0.7	7.5	12	8	4	20	99	25	1	1651.6	1734.56
18	30	4	4	1	20	50	0.2	7.5	0.3	0.8	7.5	14	10	6	20	99	25	1	1653.24	1900.12
19	30	4	4	1	20	50	0.26	7.5	0.3	0.8	7.5	16	2	0	20	99	25	1	1727.68	1592.53
20	30	4	4	1	35	40	0.26	7.5	0.35	0.7	7.5	16	2	2	20	99	25	1	1661.7	1504.39
21	30	4	4	1	35	45	0.26	7.5	0.2	0.8	7.5	13	12	4	20	99	25	1	1664.37	1642.06
22	30	4	4	1	35	50	0.26	7.5	0.2	0.8	7.5	19	4	2	20	99	25	1	1649.1	1622.27

INDIVÍDUO	NUMGEN	Nx	Ny	DL	FCK CML	FCK CPM	HL	LLJ	HV	BV	LLV	NA	NB	NPT	QDV	QDL	QDP	PEN	CONSUMO TOTAL (m³)	CONSUMO ESTRUTURA (l/m³)
23	30	4	4	1	30	45	0.26	7.5	0.3	0.8	7.5	14	12	0	20	99	25	1	1664.85	1520.1
24	30	4	4	0	25	45	0.26	7.5	0.2	0.8	7.5	17	8	0	20	99	25	1	1666.45	1643.71
25	30	4	4	1	25	45	0.26	7.5	0.35	0.8	7.5	13	12	2	20	99	25	1	1678.17	1479.21
26	30	4	4	0	35	50	0.26	7.5	0.4	0.7	7.5	10	6	4	20	99	25	1.2	1637.9	1427.85
27	30	4	4	1	20	45	0.26	7.5	0.4	0.8	7.5	10	4	4	20	99	25	1.2	1677.03	1425.04
28	30	4	4	1	25	50	0.21	7.5	0.2	0.8	7.5	15	14	4	20	99	25	1.3	1590.73	1907.97
29	30	4	4	0	30	50	0.26	7.5	0.4	0.8	7.5	14	10	2	20	99	25	1.2	1725.58	1481.9
30	30	4	4	0	20	50	0.26	7.5	0.4	0.8	7.5	16	12	6	20	99	25	1.3	1738.81	1493.95
31	30	4	4	0	35	35	0.21	7.5	0.25	0.8	7.5	20	0	6	20	99	25	1.6	1625	1870.6
32	30	4	4	1	35	50	0.17	7.5	0.4	0.7	7.5	19	4	0	20	99	25	1.9	1612.54	1874.55
33	30	4	4	0	35	40	0.26	7.5	0.4	0.8	7.5	16	10	0	20	99	25	1.7	1711.02	1465.2
34	30	4	4	1	25	50	0.13	7.5	0.35	0.8	7.5	19	10	2	20	99	25	1.9	1582.93	2093.94
35	30	4	4	0	25	35	0.21	7.5	0.35	0.7	7.5	19	0	4	20	99	25	2.1	1627.02	1768.36
36	30	4	4	1	30	45	0.21	7.5	0.4	0.5	7.5	15	2	6	20	99	25	2.2	1595.35	1788.77
37	30	4	4	1	25	50	0.21	7.5	0.35	0.7	7.5	19	4	6	20	99	25	2.1	1674.85	1837.16
38	30	4	4	0	30	40	0.17	7.5	0.35	0.8	7.5	21	2	4	20	99	25	2.2	1597.31	1868.89
39	30	4	4	0	25	45	0.17	7.5	0.35	0.5	7.5	15	2	0	20	99	25	2.6	1475.83	1874.29
40	30	4	4	0	30	50	0.26	7.5	0.2	0.8	7.5	21	2	0	20	99	25	2.3	1653.67	1628.71
41	30	4	4	1	30	40	0.26	7.5	0.4	0.6	7.5	17	2	4	20	99	25	2.3	1650.65	1490.54
42	30	4	4	0	30	50	0.26	7.5	0.4	0.8	7.5	21	6	2	20	99	25	2.3	1723.58	1479.67
43	30	4	4	0	25	40	0.26	7.5	0.3	0.8	7.5	21	2	0	20	99	25	2.9	1666.55	1520.68
44	30	3	4	0	30	45	0.26	10	0.4	0.8	7.5	17	8	0	16	74	20	3.3	1643.37	1504.22
45	30	4	4	1	35	50	0.13	7.5	0.35	0.7	7.5	18	10	6	20	99	25	3.6	1560.44	2134.83
46	30	4	4	0	25	50	0.2	7.5	0.35	0.7	7.5	16	12	2	20	99	25	3.8	1574.93	1762.93

INDIVÍDUO	NUMGEN	Nx	Ny	DL	FCK CML	FCK CPM	HL	LLJ	HV	BV	LLV	NA	NB	NPT	QDV	QDL	QDP	PEN	CONSUMO TOTAL (m³)	CONSUMO ESTRUTURA (l/m³)
47	30	4	4	0	20	50	0.26	7.5	0.35	0.5	7.5	14	0	6	20	99	25	3.6	1575.54	1487.73
48	30	4	4	1	25	40	0.2	7.5	0.35	0.4	7.5	13	2	2	20	99	25	4.3	1447.01	1758.05
49	30	4	4	1	25	50	0.26	7.5	0.4	0.6	7.5	17	6	0	20	99	25	4	1630.74	1465.49
50	30	4	4	0	30	50	0.26	7.5	0.25	0.8	7.5	17	14	0	20	99	25	3.9	1693.17	1614.54
51	30	4	4	1	25	40	0.26	7.5	0.25	0.8	7.5	17	10	6	20	99	25	4.5	1689.46	1608.41
52	30	4	4	1	25	35	0.21	7.5	0.4	0.8	7.5	21	4	6	20	99	25	4.9	1720.23	1762.73
53	30	4	4	1	30	40	0.26	7.5	0.35	0.6	7.5	17	4	0	20	99	25	5.2	1642.8	1527.6
54	30	4	4	1	30	45	0.2	7.5	0.4	0.7	7.5	14	8	6	20	99	25	6.1	1542.32	1645.88
55	30	4	4	1	35	50	0.26	7.5	0.4	0.4	7.5	13	2	6	20	99	25	5.8	1570.97	1493.87
56	30	4	4	1	35	45	0.17	7.5	0.3	0.8	7.5	17	14	6	20	99	25	6.4	1597.59	1964.24
57	30	4	4	1	30	35	0.26	7.5	0.3	0.7	7.5	18	4	2	20	99	25	6.6	1710.09	1617.05
58	30	4	4	1	25	45	0.2	7.5	0.3	0.7	7.5	13	8	0	20	99	25	7.7	1571.51	1835.91
59	30	4	4	0	35	50	0.26	7.5	0.25	0.8	7.5	18	14	0	20	99	25	6.8	1768.53	1707.91
60	30	4	4	0	20	40	0.26	7.5	0.25	0.8	7.5	21	4	0	20	99	25	7.5	1647.33	1554.42
61	30	4	4	1	35	50	0.26	7.5	0.35	0.4	7.5	13	6	0	20	99	25	7.8	1573.96	1536.49
62	30	4	4	0	30	50	0.17	7.5	0.4	0.7	7.5	15	12	6	20	99	25	7.5	1644.89	1925.05
63	30	4	4	1	20	35	0.17	7.5	0.25	0.8	7.5	14	10	6	20	99	25	8.5	1628.04	2119.14
64	30	4	4	1	35	50	0.2	7.5	0.25	0.5	7.5	15	8	0	20	99	25	9.1	1564.31	2029.79
65	30	4	4	0	25	50	0.2	7.5	0.4	0.4	7.5	13	8	2	20	99	25	9.1	1583.27	1922.1
66	30	4	3	0	30	45	0.17	7.5	0.35	0.8	10	18	14	2	15	99	20	8.9	1686.53	2036.32
67	30	4	4	0	20	50	0.26	7.5	0.3	0.7	7.5	16	14	4	20	99	25	8.9	1762.46	1678.6
68	30	4	4	0	25	40	0.2	7.5	0.25	0.7	7.5	19	2	0	20	99	25	10	1546.28	1879.96
69	30	4	4	1	25	45	0.2	7.5	0.3	0.7	7.5	18	10	0	20	99	25	11	1575.14	1841.58
70	30	4	3	0	20	35	0.2	7.5	0.35	0.8	10	21	10	4	15	99	20	10	1661.51	1849.71

INDIVÍDUO	NUMGEN	Nx	Ny	DL	FCK CML	FCK CPM	HL	LLJ	HV	BV	LLV	NA	NB	NPT	QDV	QDL	QDP	PEN	CONSUMO TOTAL (m³)	CONSUMO ESTRUTURA (l/m³)
71	30	4	4	1	30	35	0.26	7.5	0.3	0.7	7.5	16	8	6	20	99	25	9.7	1761.77	1680.69
72	30	4	4	1	35	50	0.21	7.5	0.35	0.6	7.5	17	10	0	20	99	25	11	1629.82	1836.51
73	30	4	4	1	30	50	0.26	7.5	0.25	0.8	7.5	21	10	2	20	99	25	10	1786.21	1730.44
74	30	4	4	0	25	45	0.21	7.5	0.35	0.8	7.5	21	10	4	20	99	25	11	1687.66	1794.03
75	30	4	4	0	30	40	0.2	7.5	0.2	0.8	7.5	17	10	4	20	99	25	11	1572.42	1967.61
76	30	3	4	1	20	50	0.26	7.5	0.4	0.5	10	15	14	2	15	99	20	11	1665.12	1574.48
77	30	3	4	1	20	50	0.13	7.5	0.35	0.7	10	19	14	4	15	99	20	12	1569.93	2187.1
78	30	4	4	0	20	45	0.13	7.5	0.35	0.7	7.5	19	8	0	20	99	25	13	1548.69	2109.62
79	30	4	4	1	20	50	0.17	7.5	0.3	0.7	7.5	19	10	0	20	99	25	13	1591.19	2015.07
80	30	4	4	1	20	40	0.2	7.5	0.3	0.8	7.5	17	14	2	20	99	25	13	1599.71	1818.98
81	30	4	4	0	30	45	0.26	7.5	0.35	0.5	7.5	15	4	2	20	99	25	13	1648.5	1582.84
82	30	4	4	0	35	50	0.2	7.5	0.25	0.7	7.5	19	12	0	20	99	25	15	1557.82	1900.16
83	30	4	4	1	30	45	0.2	7.5	0.25	0.6	7.5	17	8	4	20	99	25	15	1550.61	1946.08
84	30	4	4	1	25	45	0.26	7.5	0.2	0.8	7.5	21	8	0	20	99	25	13	1688.04	1671.7
85	30	4	4	1	25	45	0.17	7.5	0.2	0.8	7.5	17	14	0	20	99	25	15	1571.63	2139.21
86	30	4	4	1	35	45	0.21	7.5	0.25	0.4	7.5	13	6	4	20	99	25	15	1492.73	1876.69
87	30	4	4	1	20	35	0.17	7.5	0.35	0.5	7.5	15	2	4	20	99	25	15	1553.98	2008.02
88	30	4	4	1	25	50	0.21	7.5	0.3	0.7	7.5	19	12	2	20	99	25	15	1669.04	1906.7
89	30	4	4	0	20	50	0.2	7.5	0.3	0.7	7.5	19	12	2	20	99	25	14	1645.94	1950.46
90	30	4	4	1	20	45	0.17	7.5	0.3	0.7	7.5	19	10	4	20	99	25	15	1626.23	2074.29
91	30	4	4	1	25	40	0.21	7.5	0.3	0.8	7.5	17	8	6	20	99	25	16	1662.02	1838.27
92	30	4	4	0	25	50	0.21	7.5	0.2	0.8	7.5	16	8	0	20	99	25	16	1587.24	1902.39
93	30	4	4	0	30	40	0.17	7.5	0.4	0.8	7.5	17	14	0	20	99	25	16	1650.83	1861.67
94	30	4	4	0	20	40	0.26	7.5	0.3	0.5	7.5	15	6	2	20	99	25	17	1579.88	1537.34

INDIVÍDUO	NUMGEN	Nx	Ny	DL	FCK CML	FCK CPM	HL	LLJ	HV	BV	LLV	NA	NB	NPT	QDV	QDL	QDP	PEN	CONSUMO TOTAL (m³)	CONSUMO ESTRUTURA (l/m³)
95	30	4	4	1	35	50	0.26	7.5	0.25	0.8	7.5	14	14	0	20	99	25	16	1717.81	1644.73
96	30	4	4	0	25	50	0.26	7.5	0.2	0.4	7.5	13	8	0	20	99	25	17	1572.15	1662.38
97	30	3	4	1	35	45	0.26	7.5	0.4	0.7	10	19	12	4	15	99	20	16	1744.62	1565.87
98	30	4	4	1	25	35	0.2	7.5	0.25	0.8	7.5	20	6	0	20	99	25	18	1641.75	1978.2
99	30	3	4	0	35	40	0.26	10	0.2	0.8	7.5	21	6	4	16	74	20	18	1692.01	1776.65
100	30	4	4	0	25	50	0.13	7.5	0.3	0.6	7.5	17	2	6	20	99	25	22	1495.75	2202.86
101	30	4	4	1	35	40	0.2	7.5	0.3	0.7	7.5	17	12	6	20	99	25	21	1595.61	1874.84
102	30	4	4	1	35	35	0.13	7.5	0.25	0.8	7.5	15	12	0	20	99	25	21	1609.4	2408.11
103	30	4	4	0	20	50	0.21	7.5	0.35	0.5	7.5	15	10	2	20	99	25	22	1655.97	1941.44
104	30	4	4	0	20	50	0.26	7.5	0.3	0.7	7.5	19	14	0	20	99	25	20	1786.55	1708.24
105	30	4	3	0	35	50	0.26	7.5	0.35	0.5	10	15	14	4	15	99	20	20	1753.92	1736.94
106	30	4	4	1	20	40	0.21	7.5	0.3	0.6	7.5	17	6	6	20	99	25	23	1579.1	1827.63
107	30	4	4	0	25	35	0.26	7.5	0.3	0.8	7.5	19	10	4	20	99	25	21	1757.73	1630.02
108	30	4	4	1	20	40	0.26	7.5	0.3	0.6	7.5	15	12	4	20	99	25	24	1652	1585.66
109	30	4	4	1	30	50	0.21	7.5	0.25	0.6	7.5	17	10	4	20	99	25	24	1593.03	1929.17
110	30	4	4	1	20	40	0.26	7.5	0.35	0.8	7.5	21	12	0	20	99	25	23	1719.61	1525.7
111	30	4	4	1	30	40	0.26	7.5	0.2	0.5	7.5	15	6	4	20	99	25	25	1556.9	1605.34
112	30	4	4	0	20	35	0.2	7.5	0.4	0.8	7.5	21	10	2	20	99	25	24	1703.85	1805.82
113	30	4	4	1	35	50	0.17	7.5	0.2	0.8	7.5	21	14	0	20	99	25	25	1683.66	2344.94
114	30	4	4	1	35	45	0.17	7.5	0.3	0.6	7.5	17	12	6	20	99	25	26	1632.28	2159.25
115	30	4	4	0	35	40	0.26	7.5	0.4	0.8	7.5	21	14	0	20	99	25	25	1742.93	1500.8
116	30	4	4	1	30	40	0.21	7.5	0.35	0.7	7.5	19	8	2	20	99	25	27	1632.03	1777.28
117	30	4	4	0	25	35	0.21	7.5	0.35	0.8	7.5	19	8	0	20	99	25	26	1717.25	1835.2
118	30	4	4	0	20	35	0.21	7.5	0.2	0.8	7.5	16	14	6	20	99	25	27	1675.98	2042.45

INDIVÍDUO	NUMGEN	Nx	Ny	DL	FCK CML	FCK CPM	HL	LLJ	HV	BV	LLV	NA	NB	NPT	QDV	QDL	QDP	PEN	CONSUMO TOTAL (m³)	CONSUMO ESTRUTURA (l/m³)
119	30	4	4	0	30	50	0.2	7.5	0.35	0.4	7.5	13	12	4	20	99	25	29	1629.63	2065.49
120	30	4	4	1	30	35	0.21	7.5	0.3	0.7	7.5	16	12	2	20	99	25	28	1640.15	1865.16
121	30	4	4	1	30	40	0.26	7.5	0.2	0.8	7.5	16	14	0	20	99	25	27	1714.46	1707.52
122	30	4	4	1	35	45	0.26	7.5	0.4	0.4	7.5	13	10	0	20	99	25	28	1650.07	1594.39
123	30	4	4	1	25	45	0.2	7.5	0.25	0.4	7.5	13	10	2	20	99	25	31	1482.16	1946.33
124	30	4	4	1	30	45	0.26	7.5	0.3	0.7	7.5	19	14	4	20	99	25	28	1702.88	1608.18
125	30	4	4	0	25	35	0.26	7.5	0.35	0.8	7.5	21	10	4	20	99	25	26	1799.75	1619.73
126	30	4	4	1	30	35	0.17	7.5	0.35	0.7	7.5	19	8	6	20	99	25	29	1687.17	2081.42
127	30	4	3	1	35	45	0.26	10	0.2	0.8	7.5	21	14	4	16	74	20	30	1700.79	1788.7
128	30	3	4	0	35	45	0.21	10	0.4	0.8	7.5	21	0	6	16	74	20	32	1608.39	1773.16
129	30	4	4	0	30	50	0.26	7.5	0.3	0.6	7.5	17	12	0	20	99	25	29	1764.92	1731.47
130	30	4	4	0	25	50	0.26	7.5	0.2	0.7	7.5	19	12	0	20	99	25	31	1769.91	1816.24
131	30	4	4	1	35	35	0.21	7.5	0.4	0.8	7.5	21	12	0	20	99	25	31	1722.94	1767.42
132	30	4	3	1	35	45	0.21	10	0.25	0.6	7.5	14	10	2	16	74	20	32	1665.15	2191.35
133	30	4	3	1	25	40	0.26	10	0.35	0.6	7.5	17	12	4	16	74	20	32	1709.56	1718.38
134	30	4	4	1	30	40	0.26	7.5	0.2	0.8	7.5	19	10	6	20	99	25	32	1734.45	1733.43
135	30	4	4	0	30	50	0.13	7.5	0.3	0.5	7.5	14	6	6	20	99	25	37	1496.01	2288.98
136	30	4	4	1	20	40	0.2	7.5	0.35	0.8	7.5	21	14	4	20	99	25	34	1633.14	1785.12
137	30	4	4	0	35	40	0.2	7.5	0.2	0.8	7.5	21	14	2	20	99	25	37	1573.52	1968.79
138	30	4	4	1	30	40	0.26	7.5	0.4	0.8	7.5	21	12	0	20	99	25	33	1788.83	1552.46
139	30	4	4	1	20	40	0.2	7.5	0.25	0.8	7.5	21	14	0	20	99	25	38	1603.8	1915.89
140	30	4	4	0	35	40	0.13	7.5	0.2	0.7	7.5	19	12	2	20	99	25	40	1530.35	2465.01
141	30	4	4	0	25	50	0.17	7.5	0.35	0.5	7.5	15	14	6	20	99	25	38	1529.91	1968.23
142	30	4	4	1	25	50	0.26	7.5	0.2	0.8	7.5	21	14	4	20	99	25	35	1768.34	1775.78

INDIVÍDUO	NUMGEN	Nx	Ny	DL	FCK CML	FCK CPM	HL	LLJ	HV	BV	LLV	NA	NB	NPT	QDV	QDL	QDP	PEN	CONSUMO TOTAL (m³)	CONSUMO ESTRUTURA (l/m³)
143	30	3	4	0	25	35	0.21	10	0.4	0.5	7.5	15	10	0	16	74	20	38	1626.33	1986.67
144	30	4	4	0	30	45	0.26	7.5	0.35	0.5	7.5	15	14	6	20	99	25	38	1741.97	1700.91
145	30	4	4	1	30	35	0.2	7.5	0.25	0.6	7.5	17	6	4	20	99	25	40	1552.93	1949.99
146	30	4	3	1	30	50	0.21	10	0.3	0.7	7.5	18	10	0	16	74	20	38	1702.8	2119.82
147	30	4	4	0	25	45	0.26	7.5	0.25	0.8	7.5	21	12	6	20	99	25	36	1841.35	1797.63
148	30	4	4	0	25	40	0.26	7.5	0.3	0.6	7.5	17	10	0	20	99	25	38	1686.54	1630.83
149	30	4	4	1	25	50	0.26	7.5	0.4	0.4	7.5	14	13	4	20	99	25	37	1674.52	1624.49
150	30	4	4	0	25	40	0.26	7.5	0.3	0.7	7.5	19	14	2	20	99	25	38	1701.11	1604.53
151	30	4	4	1	20	40	0.26	7.5	0.2	0.7	7.5	19	12	2	20	99	25	39	1692.96	1712.81
152	30	4	4	0	20	35	0.21	7.5	0.35	0.8	7.5	20	10	6	20	99	25	38	1750.52	1879.81
153	30	4	4	0	25	35	0.21	7.5	0.2	0.8	7.5	21	10	2	20	99	25	40	1678.26	2048.03
154	30	3	4	0	20	35	0.26	10	0.25	0.8	7.5	21	10	6	16	74	20	38	1772.1	1821.37
155	30	4	4	1	20	40	0.26	7.5	0.35	0.6	7.5	17	14	4	20	99	25	40	1686.32	1578.05
156	30	4	3	0	35	35	0.13	7.5	0.4	0.5	10	15	10	4	15	99	20	46	1551.62	2238.68
157	30	4	3	1	35	35	0.26	10	0.3	0.8	7.5	20	14	6	16	74	20	42	1727.7	1708.48
158	30	4	4	0	35	45	0.26	7.5	0.3	0.8	7.5	21	14	6	20	99	25	39	1880.17	1777.8
159	30	4	4	1	25	40	0.2	7.5	0.2	0.5	7.5	15	14	0	20	99	25	48	1516.69	2025.66
160	30	4	4	0	20	40	0.26	7.5	0.4	0.4	7.5	13	12	6	20	99	25	45	1664.6	1610.43
161	30	4	4	0	25	35	0.21	7.5	0.35	0.5	7.5	15	8	6	20	99	25	47	1580.66	1827.02
162	30	4	4	1	35	40	0.21	7.5	0.2	0.8	7.5	21	12	0	20	99	25	46	1635.64	1981.13
163	30	4	4	1	35	50	0.17	7.5	0.3	0.8	7.5	21	10	6	20	99	25	49	1573.42	1924.68
164	30	4	4	0	25	40	0.17	7.5	0.25	0.4	7.5	13	8	2	20	99	25	53	1446.56	2044.22
165	30	4	4	1	35	45	0.17	7.5	0.25	0.4	7.5	14	13	0	20	99	25	50	1489	2128.31
166	30	4	4	0	35	35	0.26	7.5	0.2	0.7	7.5	19	10	0	20	99	25	45	1736.51	1773.08

INDIVÍDUO	NUMGEN	Nx	Ny	DL	FCK CML	FCK CPM	HL	LLJ	HV	BV	LLV	NA	NB	NPT	QDV	QDL	QDP	PEN	CONSUMO TOTAL (m³)	CONSUMO ESTRUTURA (l/m³)
167	30	4	4	0	20	35	0.26	7.5	0.25	0.6	7.5	17	10	2	20	99	25	46	1726.93	1736.59
168	30	4	4	0	35	35	0.21	7.5	0.4	0.8	7.5	21	12	2	20	99	25	45	1771.84	1832.62
169	30	4	4	1	20	35	0.17	7.5	0.35	0.7	7.5	18	14	0	20	99	25	47	1691.16	2084.01
170	30	4	4	1	25	35	0.17	7.5	0.35	0.6	7.5	17	12	6	20	99	25	49	1668.69	2126.52
171	30	4	4	1	30	35	0.2	7.5	0.35	0.7	7.5	19	12	4	20	99	25	48	1701.81	1954.76
172	30	4	4	1	25	45	0.21	7.5	0.35	0.4	7.5	14	13	0	20	99	25	53	1611.11	1945.56
173	30	4	4	0	25	35	0.21	7.5	0.25	0.7	7.5	19	12	0	20	99	25	49	1666.07	1986.89
174	30	4	4	1	25	45	0.26	7.5	0.2	0.7	7.5	19	14	4	20	99	25	46	1798.39	1853.94
175	30	4	4	0	35	35	0.21	7.5	0.25	0.7	7.5	19	12	2	20	99	25	50	1670.56	1995.18
176	30	4	4	1	35	45	0.21	7.5	0.3	0.4	7.5	14	13	0	20	99	25	57	1580.17	1959.61
177	30	4	4	0	20	45	0.26	7.5	0.25	0.5	7.5	15	14	0	20	99	25	52	1737.51	1795.41
178	30	4	4	1	25	35	0.2	7.5	0.35	0.5	7.5	15	12	0	20	99	25	55	1591.88	1924.41
179	30	4	4	1	30	45	0.26	7.5	0.35	0.4	7.5	14	13	2	20	99	25	52	1700.31	1701.71
180	30	4	4	1	30	35	0.17	7.5	0.35	0.5	7.5	15	12	2	20	99	25	55	1626.72	2138.4
181	30	4	4	1	25	45	0.21	7.5	0.2	0.4	7.5	14	13	6	20	99	25	56	1610.85	2150.53
182	30	4	4	1	35	40	0.2	7.5	0.25	0.4	7.5	13	8	2	20	99	25	65	1439.15	1870.62
183	30	4	4	1	30	35	0.21	7.5	0.3	0.5	7.5	15	12	2	20	99	25	60	1600.78	1927.43
184	30	4	4	0	20	35	0.21	7.5	0.35	0.6	7.5	17	12	6	20	99	25	57	1710.27	1953.39
185	30	4	4	0	35	40	0.26	7.5	0.2	0.5	7.5	15	14	6	20	99	25	59	1670.65	1762.05
186	30	4	4	0	35	35	0.26	7.5	0.25	0.7	7.5	19	14	4	20	99	25	57	1742.27	1716.19
187	30	4	4	0	25	35	0.26	7.5	0.2	0.8	7.5	20	12	6	20	99	25	56	1811.89	1832.23
188	30	4	4	1	35	35	0.17	7.5	0.25	0.7	7.5	19	4	6	20	99	25	70	1580.85	2101.86
189	30	4	3	0	20	40	0.17	7.5	0.4	0.7	10	18	14	6	15	99	20	70	1601.22	1880
190	30	4	4	0	25	50	0.17	7.5	0.4	0.6	7.5	10	6	2	20	99	25	74	1471.77	1723.49

INDIVÍDUO	NUMGEN	Nx	Ny	DL	FCK CML	FCK CPM	HL	LLJ	HV	BV	LLV	NA	NB	NPT	QDV	QDL	QDP	PEN	CONSUMO TOTAL (m³)	CONSUMO ESTRUTURA (l/m³)
191	30	4	4	0	20	40	0.13	7.5	0.25	0.5	7.5	15	10	2	20	99	25	77	1482.78	2368.57
192	30	4	4	1	25	35	0.26	7.5	0.4	0.5	7.5	15	14	6	20	99	25	65	1780.68	1699.56
193	30	4	4	0	25	35	0.21	7.5	0.2	0.6	7.5	17	14	2	20	99	25	70	1661.62	2125.37
194	30	4	4	0	35	35	0.21	7.5	0.25	0.5	7.5	15	14	6	20	99	25	72	1632.06	2051.38
195	30	4	4	1	25	35	0.26	7.5	0.3	0.4	7.5	13	12	4	20	99	25	70	1691.73	1733.98
196	30	4	4	1	25	40	0.17	7.5	0.25	0.8	7.5	21	12	4	20	99	25	75	1588.65	2053.29
197	30	4	4	0	30	40	0.13	7.5	0.35	0.8	7.5	21	2	4	20	99	25	76	1555.19	2047.04
198	30	4	4	1	25	45	0.13	7.5	0.3	0.8	7.5	16	8	6	20	99	25	83	1529.69	2116.72
199	30	4	4	0	25	35	0.2	7.5	0.35	0.5	7.5	15	12	6	20	99	25	80	1599.84	1937.23
200	30	4	3	1	30	35	0.21	10	0.2	0.8	7.5	21	14	4	16	74	20	81	1610.06	2080.57
201	30	4	4	0	25	45	0.13	7.5	0.4	0.8	7.5	21	2	6	20	99	25	83	1622.94	2051.37
202	30	4	4	0	20	35	0.17	7.5	0.4	0.8	7.5	20	14	2	20	99	25	80	1684.96	1908.75
203	30	4	4	0	30	40	0.17	7.5	0.25	0.7	7.5	18	14	4	20	99	25	87	1544.68	2038.33
204	30	3	4	0	25	50	0.26	10	0.3	0.7	7.5	17	14	0	16	74	20	85	1605.42	1587.17
205	30	4	4	0	35	40	0.21	7.5	0.3	0.4	7.5	14	13	6	20	99	25	92	1501.83	1830.03
206	30	4	4	0	35	35	0.2	7.5	0.25	0.4	7.5	14	13	6	20	99	25	88	1575.69	2115.33
207	30	4	4	1	20	35	0.26	7.5	0.4	0.4	7.5	14	13	2	20	99	25	80	1756.34	1727.02
208	30	3	4	0	35	35	0.21	10	0.25	0.4	7.5	14	13	0	16	74	20	90	1593.01	2177.8
209	30	4	4	1	30	35	0.17	7.5	0.2	0.8	7.5	21	14	2	20	99	25	88	1635.26	2257.43
210	30	4	4	1	35	35	0.21	7.5	0.35	0.4	7.5	14	13	4	20	99	25	88	1644.49	2000.23
211	30	4	4	0	25	35	0.17	7.5	0.4	0.7	7.5	19	12	2	20	99	25	92	1648.81	1929.26
212	30	4	4	1	20	45	0.13	7.5	0.3	0.8	7.5	16	14	2	20	99	25	93	1629.25	2300.73
213	30	4	4	0	35	35	0.26	7.5	0.3	0.4	7.5	14	13	6	20	99	25	88	1735.51	1793.59
214	30	4	4	1	20	50	0.2	7.5	0.25	0.6	7.5	16	8	2	20	99	25	92	1694.05	2183.89

INDIVÍDUO	NUMGEN	Nx	Ny	DL	FCK CML	FCK CPM	HL	LLJ	HV	BV	LLV	NA	NB	NPT	QDV	QDL	QDP	PEN	CONSUMO TOTAL (m³)	CONSUMO ESTRUTURA (l/m³)
215	30	4	4	1	35	50	0.13	7.5	0.2	0.7	7.5	16	10	6	20	99	25	100	1590.69	2596.26
216	30	4	4	1	20	40	0.2	7.5	0.3	0.4	7.5	14	13	2	20	99	25	110	1481.18	1875.69
217	30	4	4	1	30	50	0.2	7.5	0.3	0.6	7.5	17	6	2	20	99	25	94	1634.2	2000.77
218	30	4	4	0	35	35	0.26	7.5	0.2	0.4	7.5	14	13	0	20	99	25	95	1697.6	1840.81
219	30	4	4	0	35	50	0.17	7.5	0.2	0.5	7.5	15	14	2	20	99	25	110	1542.4	2258.67
220	30	4	4	0	20	40	0.2	7.5	0.3	0.8	7.5	15	6	6	20	99	25	110	1679.08	1939.28
221	30	4	4	1	30	40	0.17	7.5	0.3	0.8	7.5	18	4	2	20	99	25	120	1502.95	1809.99
222	30	4	4	1	35	35	0.2	7.5	0.35	0.6	7.5	17	6	0	20	99	25	110	1704.26	2029.54
223	30	4	4	0	30	35	0.13	7.5	0.3	0.8	7.5	21	12	4	20	99	25	110	1643.66	2332.22
224	30	4	4	0	25	40	0.2	7.5	0.35	0.6	7.5	15	12	6	20	99	25	110	1696.76	2016.67
225	30	4	4	1	30	35	0.17	7.5	0.4	0.8	7.5	13	4	2	20	99	25	120	1576.92	1751.91
226	30	4	4	1	30	40	0.2	7.5	0.3	0.8	7.5	16	12	2	20	99	25	110	1702.28	1978.12
227	30	4	4	1	30	40	0.2	7.5	0.3	0.4	7.5	13	10	0	20	99	25	120	1587.23	2063.19
228	30	4	4	0	30	50	0.2	7.5	0.2	0.8	7.5	16	14	0	20	99	25	110	1670.17	2131.27
229	30	3	4	1	30	45	0.2	7.5	0.4	0.8	10	18	14	6	15	99	20	110	1749.61	1894.43
230	30	4	4	0	20	50	0.2	7.5	0.25	0.7	7.5	19	12	4	20	99	25	110	1678.32	2094.15
231	30	4	4	1	25	35	0.2	7.5	0.2	0.8	7.5	16	8	0	20	99	25	120	1709.14	2194.49
232	30	4	3	1	25	50	0.21	10	0.2	0.8	7.5	18	12	4	16	74	20	130	1562.45	1996.92
233	30	4	4	0	35	45	0.2	7.5	0.35	0.8	7.5	21	10	6	20	99	25	120	1805.62	2037.65
234	30	4	4	0	30	45	0.26	7.5	0.25	0.5	7.5	14	6	0	20	99	25	120	1760.26	1829.01
235	30	4	4	1	35	50	0.26	7.5	0.4	0.4	7.5	14	5	6	20	99	25	120	1811.62	1799.68
236	30	4	4	0	35	45	0.2	7.5	0.35	0.8	7.5	20	12	0	20	99	25	120	1795.15	2022.5
237	30	4	4	0	20	50	0.21	7.5	0.3	0.7	7.5	19	0	4	20	99	25	130	1715.5	1974.6
238	30	4	4	1	20	50	0.21	7.5	0.3	0.7	7.5	19	6	4	20	99	25	130	1752.54	2030.16

INDIVÍDUO	NUMGEN	Nx	Ny	DL	FCK CML	FCK CPM	HL	LLJ	HV	BV	LLV	NA	NB	NPT	QDV	QDL	QDP	PEN	CONSUMO TOTAL (m³)	CONSUMO ESTRUTURA (l/m³)
239	30	4	4	0	20	40	0.21	7.5	0.35	0.8	7.5	14	4	6	20	99	25	130	1686.69	1790.99
240	30	4	3	1	35	35	0.21	10	0.3	0.4	7.5	13	12	2	16	74	20	150	1527.92	2001.6
241	30	4	4	1	25	45	0.21	7.5	0.4	0.8	7.5	17	6	4	20	99	25	130	1786.62	1851.26
242	30	4	4	0	20	50	0.26	7.5	0.25	0.7	7.5	18	0	2	20	99	25	130	1789.05	1773.32
243	30	4	4	1	35	35	0.21	7.5	0.35	0.8	7.5	21	0	2	20	99	25	130	1757.51	1892.35
244	30	4	4	0	30	50	0.21	7.5	0.2	0.6	7.5	17	14	2	20	99	25	140	1740.38	2259.76
245	30	4	4	0	20	35	0.26	7.5	0.3	0.7	7.5	19	0	4	20	99	25	130	1811.82	1739.36
246	30	4	4	0	35	45	0.21	7.5	0.3	0.6	7.5	16	12	2	20	99	25	130	1742.69	2083.9
247	30	4	3	0	25	45	0.26	7.5	0.4	0.7	10	17	8	0	15	99	20	130	1833.76	1668.52
248	30	4	4	1	30	45	0.21	7.5	0.25	0.5	7.5	15	12	0	20	99	25	140	1701.89	2167.92
249	30	4	4	0	30	35	0.2	7.5	0.2	0.6	7.5	17	12	2	20	99	25	140	1701.05	2298.7
250	30	4	4	0	20	45	0.21	7.5	0.2	0.6	7.5	17	12	6	20	99	25	140	1728.2	2235.32
251	30	4	4	1	30	45	0.26	7.5	0.4	0.4	7.5	13	12	2	20	99	25	140	1810.03	1798.15
252	30	4	4	0	20	35	0.21	7.5	0.3	0.8	7.5	14	13	6	20	99	25	140	1783.3	2012.92
253	30	4	4	1	20	40	0.21	7.5	0.4	0.8	7.5	19	12	0	20	99	25	140	1755.54	1808.2
254	30	4	4	1	25	45	0.26	7.5	0.2	0.8	7.5	20	4	0	20	99	25	140	1753.78	1756.91
255	30	4	4	0	25	50	0.26	7.5	0.25	0.5	7.5	15	12	2	20	99	25	140	1742.13	1803.16
256	30	4	4	1	35	50	0.26	7.5	0.3	0.8	7.5	12	8	0	20	99	25	140	1759.64	1633.27
257	30	4	4	1	30	35	0.21	7.5	0.3	0.8	7.5	17	10	2	20	99	25	140	1777.28	2007.69
258	30	3	4	1	20	40	0.26	7.5	0.4	0.8	10	18	12	6	15	99	20	140	1838.72	1619.78
259	30	4	4	0	30	40	0.26	7.5	0.3	0.6	7.5	15	12	0	20	99	25	140	1757.96	1722.67
260	30	4	4	1	35	50	0.26	7.5	0.25	0.4	7.5	13	12	6	20	99	25	140	1718	1818.54
261	30	4	4	0	35	50	0.26	7.5	0.25	0.8	7.5	16	2	2	20	99	25	140	1739.62	1671.9
262	30	4	4	0	35	45	0.26	7.5	0.3	0.8	7.5	21	0	2	20	99	25	140	1768.83	1644.3

INDIVÍDUO	NUMGEN	Nx	Ny	DL	FCK CML	FCK CPM	HL	LLJ	HV	BV	LLV	NA	NB	NPT	QDV	QDL	QDP	PEN	CONSUMO TOTAL (m³)	CONSUMO ESTRUTURA (l/m³)
263	30	4	4	0	30	45	0.21	7.5	0.25	0.4	7.5	14	13	4	20	99	25	150	1633.8	2118.62
264	30	4	4	1	20	40	0.26	7.5	0.4	0.7	7.5	18	10	6	20	99	25	140	1837.59	1655.33
265	30	3	4	1	20	45	0.26	7.5	0.25	0.8	10	21	12	2	15	99	20	140	1810.46	1778.2
266	30	4	4	1	30	50	0.21	7.5	0.4	0.8	7.5	21	10	6	20	99	25	140	1768.24	1828.36
267	30	4	3	1	30	50	0.17	10	0.4	0.7	7.5	14	13	6	16	74	20	170	1515.65	1902.6
268	30	4	4	0	20	40	0.21	7.5	0.25	0.4	7.5	14	13	4	20	99	25	160	1625.09	2099.81
269	30	4	4	0	30	40	0.21	7.5	0.25	0.4	7.5	14	13	4	20	99	25	160	1627.46	2107.77
270	30	4	4	1	30	50	0.26	7.5	0.25	0.8	7.5	16	14	0	20	99	25	140	1798.7	1746.01
271	30	4	4	1	25	40	0.26	7.5	0.4	0.8	7.5	17	12	6	20	99	25	140	1864.34	1635.33
272	30	4	4	0	30	50	0.26	7.5	0.25	0.8	7.5	20	6	6	20	99	25	140	1792.98	1738.87
273	30	4	4	0	35	45	0.26	7.5	0.35	0.8	7.5	18	12	2	20	99	25	140	1831.96	1657.89
274	30	4	4	0	25	40	0.26	7.5	0.25	0.7	7.5	19	8	4	20	99	25	150	1781.63	1765.39
275	30	4	3	1	30	35	0.26	10	0.35	0.8	7.5	21	0	4	16	74	20	160	1624.83	1527.92
276	30	4	4	1	30	35	0.17	7.5	0.2	0.4	7.5	14	13	6	20	99	25	180	1519.31	2276.1
277	30	4	4	1	20	35	0.26	7.5	0.35	0.8	7.5	15	14	0	20	99	25	140	1895.17	1728.62
278	30	3	4	1	25	45	0.17	7.5	0.4	0.5	10	15	14	0	15	99	20	180	1537.38	1937.74
279	30	4	4	0	35	45	0.26	7.5	0.35	0.8	7.5	21	10	4	20	99	25	150	1909.87	1747.94
280	30	4	4	1	30	50	0.26	7.5	0.25	0.8	7.5	20	10	4	20	99	25	150	1874.18	1840.03
281	30	4	4	0	30	40	0.26	7.5	0.25	0.5	7.5	15	12	0	20	99	25	160	1728.49	1786.44
282	30	4	4	1	30	45	0.26	7.5	0.4	0.6	7.5	17	14	0	20	99	25	150	1805	1673.93
283	30	4	3	1	35	35	0.2	10	0.35	0.8	7.5	21	14	0	16	74	20	170	1595.49	1900.01
284	30	4	4	0	35	50	0.26	7.5	0.25	0.6	7.5	17	14	2	20	99	25	150	1849.23	1899.03
285	30	4	4	0	20	45	0.13	7.5	0.2	0.8	7.5	20	4	4	20	99	25	190	1551.83	2441.26
286	30	3	4	1	30	40	0.26	7.5	0.35	0.7	10	15	12	6	15	99	20	160	1814.27	1704.31

INDIVÍDUO	NUMGEN	Nx	Ny	DL	FCK CML	FCK CPM	HL	LLJ	HV	BV	LLV	NA	NB	NPT	QDV	QDL	QDP	PEN	CONSUMO TOTAL (m³)	CONSUMO ESTRUTURA (l/m³)
287	30	4	4	1	30	40	0.26	7.5	0.2	0.8	7.5	19	12	2	20	99	25	160	1793.32	1809.73
288	30	4	4	1	20	45	0.13	7.5	0.4	0.4	7.5	13	10	2	20	99	25	190	1466.38	2127
289	30	4	4	1	20	50	0.26	7.5	0.2	0.7	7.5	19	14	2	20	99	25	150	1786.86	1837.1
290	30	4	4	0	25	35	0.26	7.5	0.2	0.6	7.5	17	8	6	20	99	25	160	1808.31	1908.27
291	30	4	4	1	25	45	0.26	7.5	0.2	0.4	7.5	14	13	0	20	99	25	160	1773.07	1946.42
292	30	4	4	0	20	45	0.26	7.5	0.3	0.4	7.5	14	13	4	20	99	25	160	1801.94	1879.95
293	30	4	4	0	35	50	0.26	7.5	0.35	0.8	7.5	21	12	4	20	99	25	150	1930.8	1772.14
294	30	4	4	1	20	40	0.26	7.5	0.2	0.6	7.5	17	14	2	20	99	25	170	1769.69	1854.43
295	30	3	4	0	25	45	0.26	10	0.35	0.6	7.5	15	8	0	16	74	20	190	1528.22	1481.04
296	30	4	4	0	25	35	0.26	7.5	0.4	0.8	7.5	19	14	2	20	99	25	160	1935.38	1714.59
297	30	4	4	0	35	35	0.17	7.5	0.4	0.8	7.5	16	0	4	20	99	25	200	1560.03	1726.24
298	30	4	4	1	20	45	0.17	7.5	0.35	0.4	7.5	13	12	2	20	99	25	220	1522.78	2033.02
299	30	4	4	0	25	40	0.13	7.5	0.3	0.4	7.5	14	13	0	20	99	25	220	1459.73	2297.83
300	30	4	4	0	20	35	0.26	7.5	0.3	0.6	7.5	17	12	6	20	99	25	170	1880.34	1874.48
301	30	4	4	1	30	40	0.26	7.5	0.2	0.8	7.5	21	14	0	20	99	25	180	1811.95	1833.88
302	30	4	4	0	30	40	0.2	7.5	0.35	0.8	7.5	13	0	4	20	99	25	210	1538.15	1651.17
303	30	4	4	0	35	35	0.26	7.5	0.2	0.4	7.5	14	13	2	20	99	25	190	1785.53	1965.11
304	30	4	4	1	30	40	0.17	7.5	0.2	0.8	7.5	21	8	6	20	99	25	230	1531.17	2067.65
305	30	4	4	0	20	35	0.17	7.5	0.2	0.5	7.5	15	14	2	20	99	25	230	1531.12	2232.63
306	30	4	4	0	20	45	0.2	7.5	0.4	0.6	7.5	17	6	0	20	99	25	210	1771.78	2049.95
307	30	4	4	1	25	45	0.21	7.5	0.4	0.4	7.5	12	6	4	20	99	25	210	1742.98	2090.2
308	30	4	4	0	35	45	0.13	7.5	0.3	0.5	7.5	14	8	2	20	99	25	240	1514.45	2326.54
309	30	4	4	0	20	50	0.26	7.5	0.2	0.5	7.5	15	4	2	20	99	25	220	1641.97	1719.73
310	30	4	4	0	35	50	0.2	7.5	0.4	0.4	7.5	13	12	6	20	99	25	200	1768.9	2223.9

INDIVÍDUO	NUMGEN	Nx	Ny	DL	FCK CML	FCK CPM	HL	LLJ	HV	BV	LLV	NA	NB	NPT	QDV	QDL	QDP	PEN	CONSUMO TOTAL (m³)	CONSUMO ESTRUTURA (l/m³)
311	30	4	4	0	35	45	0.21	7.5	0.3	0.5	7.5	14	5	4	20	99	25	220	1750.95	2166.98
312	30	4	4	1	35	40	0.21	7.5	0.4	0.5	7.5	10	10	2	20	99	25	220	1686.94	1924.74
313	30	4	3	1	30	45	0.26	10	0.25	0.4	7.5	13	12	4	16	74	20	250	1499.45	1595.99
314	30	4	4	0	30	50	0.2	7.5	0.4	0.4	7.5	14	13	2	20	99	25	220	1689.66	2096.21
315	30	4	4	0	30	45	0.2	7.5	0.35	0.7	7.5	16	10	2	20	99	25	210	1725.92	1990.86
316	30	4	4	0	25	45	0.2	7.5	0.4	0.7	7.5	19	8	2	20	99	25	220	1756.41	1951.72
317	30	4	4	1	30	50	0.2	7.5	0.3	0.7	7.5	19	8	2	20	99	25	210	1722.54	2074.03
318	30	4	3	1	20	40	0.26	10	0.25	0.5	7.5	15	14	4	16	74	20	250	1524.32	1592.45
319	30	4	4	0	30	50	0.2	7.5	0.35	0.7	7.5	18	14	0	20	99	25	220	1754.68	2033.94
320	30	4	4	1	20	50	0.2	7.5	0.2	0.8	7.5	21	10	4	20	99	25	230	1739.86	2243.9
321	30	4	4	0	30	50	0.21	7.5	0.2	0.6	7.5	15	12	4	20	99	25	230	1699.42	2190.9
322	30	4	4	1	35	50	0.13	7.5	0.35	0.7	7.5	13	4	2	20	99	25	280	1448.83	1930.04
323	30	3	4	1	35	40	0.21	7.5	0.4	0.5	10	15	14	0	15	99	20	240	1715.2	1995.57
324	30	4	4	0	30	40	0.13	7.5	0.25	0.4	7.5	13	12	0	20	99	25	300	1419.32	2312.31
325	30	4	4	1	25	40	0.2	7.5	0.25	0.6	7.5	17	12	4	20	99	25	240	1721.71	2232.5
326	30	4	4	0	30	40	0.21	7.5	0.35	0.8	7.5	18	0	2	20	99	25	250	1724.98	1847.65
327	30	4	3	1	20	50	0.21	10	0.3	0.8	7.5	21	12	6	16	74	20	280	1516.21	1764.44
328	30	4	3	0	25	40	0.13	7.5	0.4	0.8	10	20	14	6	15	99	20	270	1564.12	1982.08
329	30	4	4	0	35	50	0.21	7.5	0.2	0.8	7.5	18	2	6	20	99	25	240	1702.5	2088.12
330	30	4	4	0	25	50	0.21	7.5	0.2	0.4	7.5	14	13	6	20	99	25	250	1700.58	2309.4
331	30	4	3	0	30	50	0.21	7.5	0.35	0.8	10	20	12	4	15	99	20	240	1795.67	1969.94
332	30	4	4	0	30	45	0.21	7.5	0.35	0.7	7.5	18	12	4	20	99	25	250	1780.3	1990.58
333	30	4	4	1	25	40	0.21	7.5	0.4	0.8	7.5	20	4	6	20	99	25	250	1807.51	1879.11
334	30	4	4	1	20	45	0.13	7.5	0.2	0.8	7.5	19	8	4	20	99	25	290	1502.72	2337.22

INDIVÍDUO	NUMGEN	Nx	Ny	DL	FCK CML	FCK CPM	HL	LLJ	HV	BV	LLV	NA	NB	NPT	QDV	QDL	QDP	PEN	CONSUMO TOTAL (m³)	CONSUMO ESTRUTURA (l/m³)
335	30	4	4	0	30	40	0.21	7.5	0.3	0.8	7.5	16	14	4	20	99	25	260	1780.5	2012.39
336	30	3	4	0	35	35	0.21	10	0.35	0.8	7.5	21	12	6	16	74	20	290	1576.56	1792.13
337	30	4	4	0	20	40	0.21	7.5	0.4	0.5	7.5	15	14	0	20	99	25	260	1734.49	1992.76
338	30	4	4	1	35	35	0.21	7.5	0.35	0.8	7.5	15	10	6	20	99	25	250	1843.3	2011.73
339	30	3	4	0	20	50	0.2	10	0.25	0.7	7.5	19	12	4	16	74	20	320	1516	1972.83
340	30	4	4	1	25	45	0.21	7.5	0.25	0.7	7.5	18	14	6	20	99	25	260	1833.51	2249.22
341	30	4	4	1	35	35	0.21	7.5	0.35	0.5	7.5	14	12	2	20	99	25	270	1787.32	2147.14
342	30	4	4	1	30	35	0.21	7.5	0.35	0.8	7.5	21	4	6	20	99	25	260	1866.7	2044.85
343	30	4	3	0	25	35	0.13	7.5	0.35	0.8	10	21	6	2	15	99	20	310	1571.09	2107.46
344	30	4	4	0	30	35	0.21	7.5	0.2	0.5	7.5	15	12	6	20	99	25	280	1783.34	2393.33
345	30	4	4	1	25	35	0.21	7.5	0.4	0.8	7.5	19	12	6	20	99	25	270	1884.06	1981.2
346	30	4	4	0	35	35	0.21	7.5	0.25	0.7	7.5	18	14	0	20	99	25	290	1816.85	2224.36
347	30	4	3	1	30	40	0.2	10	0.2	0.6	7.5	17	10	0	16	74	20	370	1460.95	2003.68
348	30	4	4	1	20	45	0.2	7.5	0.2	0.8	7.5	14	6	6	20	99	25	360	1517.17	1871.06
349	30	4	4	0	25	50	0.26	7.5	0.3	0.8	7.5	10	5	4	20	99	25	320	1611.77	1455
350	30	4	4	1	25	35	0.13	7.5	0.3	0.5	7.5	15	10	6	20	99	25	370	1526.58	2350.17
351	30	4	3	1	30	35	0.17	10	0.3	0.4	7.5	13	12	0	16	74	20	390	1464.79	2157.25
352	30	4	4	0	25	50	0.17	7.5	0.25	0.8	7.5	15	2	0	20	99	25	390	1561.38	2006.24
353	30	4	4	1	35	40	0.13	7.5	0.2	0.8	7.5	21	8	2	20	99	25	390	1473.26	2279.08
354	30	4	4	1	35	35	0.13	7.5	0.4	0.7	7.5	14	3	6	20	99	25	380	1532.15	1979.76
355	30	3	4	1	35	45	0.13	7.5	0.3	0.8	10	19	14	0	15	99	20	370	1557.89	2211.07
356	30	4	4	1	30	50	0.26	7.5	0.35	0.8	7.5	10	4	2	20	99	25	330	1813.87	1637.45
357	30	4	4	1	20	50	0.13	7.5	0.2	0.8	7.5	21	2	6	20	99	25	380	1522.55	2379.22
358	30	4	4	0	35	40	0.13	7.5	0.2	0.8	7.5	17	14	4	20	99	25	390	1505.22	2346.78

INDIVÍDUO	NUMGEN	Nx	Ny	DL	FCK CML	FCK CPM	HL	LLJ	HV	BV	LLV	NA	NB	NPT	QDV	QDL	QDP	PEN	CONSUMO TOTAL (m³)	CONSUMO ESTRUTURA (l/m³)
359	30	4	3	1	30	35	0.17	10	0.3	0.6	7.5	17	8	0	16	74	20	400	1475.35	2047.45
360	30	4	3	1	30	40	0.17	10	0.4	0.8	7.5	10	8	4	16	74	20	420	1439.13	1713.02
361	30	3	4	0	30	35	0.17	10	0.3	0.6	7.5	14	14	4	16	74	20	410	1509.46	2112.13
362	30	4	4	1	25	35	0.13	7.5	0.35	0.7	7.5	17	10	0	20	99	25	410	1547.91	2110.38
363	30	4	4	1	30	50	0.17	7.5	0.35	0.6	7.5	10	3	0	20	99	25	450	1541.77	1916.22
364	30	4	4	0	25	40	0.13	7.5	0.4	0.4	7.5	14	13	2	20	99	25	510	1437.09	2071
365	30	4	4	0	30	35	0.13	7.5	0.3	0.4	7.5	13	12	6	20	99	25	500	1473.32	2329.65
366	30	3	4	0	35	40	0.13	10	0.4	0.8	7.5	21	0	0	16	74	20	530	1458.2	1987.13
367	30	4	4	0	20	40	0.26	7.5	0.3	0.6	7.5	14	0	4	20	99	25	460	1700.72	1647.28
368	30	4	4	0	35	50	0.26	7.5	0.2	0.4	7.5	13	6	4	20	99	25	500	1571.17	1662.08
369	30	4	3	1	30	40	0.17	10	0.4	0.7	7.5	19	14	0	16	74	20	550	1458.86	1806.11
370	30	4	3	0	30	50	0.09	7.5	0.35	0.8	10	19	10	2	15	99	20	540	1503.35	2347.09
371	30	4	3	1	30	35	0.26	10	0.2	0.8	7.5	17	8	6	16	74	20	510	1600.77	1652.05
372	30	4	4	1	35	40	0.09	7.5	0.25	0.8	7.5	21	8	6	20	99	25	550	1487.23	2604.81
373	30	3	4	1	30	35	0.26	7.5	0.3	0.7	10	19	8	0	15	99	20	480	1744.3	1678.3
374	30	4	4	0	35	45	0.09	7.5	0.25	0.8	7.5	16	14	0	20	99	25	550	1553.29	2762.73
375	30	4	3	1	20	40	0.17	10	0.3	0.5	7.5	15	14	0	16	74	20	620	1388.78	1937.35
376	30	4	4	0	30	50	0.09	7.5	0.4	0.8	7.5	17	12	2	20	99	25	540	1529.52	2211.44
377	30	4	3	1	20	45	0.13	10	0.4	0.8	7.5	15	14	4	16	74	20	560	1515.88	2091.41
378	30	4	3	0	20	50	0.17	7.5	0.4	0.8	10	19	2	6	15	99	20	580	1557.48	1741.52
379	30	3	4	0	30	35	0.17	10	0.35	0.8	7.5	20	14	2	16	74	20	630	1516.19	1918.37
380	30	3	4	0	20	35	0.17	10	0.4	0.4	7.5	14	13	0	16	74	20	660	1438.39	1972.97
381	30	4	4	0	35	35	0.09	7.5	0.4	0.8	7.5	15	12	2	20	99	25	610	1572.68	2294.93
382	30	4	4	0	35	40	0.09	7.5	0.35	0.8	7.5	21	14	6	20	99	25	630	1544.67	2385.79

INDIVÍDUO	NUMGEN	Nx	Ny	DL	FCK CML	FCK CPM	HL	LLJ	HV	BV	LLV	NA	NB	NPT	QDV	QDL	QDP	PEN	CONSUMO TOTAL (m³)	CONSUMO ESTRUTURA (l/m³)
383	30	4	3	1	30	35	0.13	10	0.35	0.8	7.5	21	6	0	16	74	20	650	1508.99	2185.18
384	30	4	4	1	30	35	0.21	7.5	0.25	0.5	7.5	15	0	6	20	99	25	660	1512.68	1853.91
385	30	4	4	1	35	50	0.09	7.5	0.35	0.6	7.5	17	4	4	20	99	25	670	1484.69	2462.71
386	30	3	4	1	25	50	0.26	7.5	0.4	0.8	10	12	10	0	15	99	20	620	1711.84	1478.34
387	30	4	4	1	25	35	0.09	7.5	0.3	0.8	7.5	21	12	2	20	99	25	660	1582.29	2633.45
388	30	4	3	1	30	35	0.13	10	0.2	0.8	7.5	21	14	0	16	74	20	690	1508.63	2561.68
389	30	4	4	1	25	35	0.26	7.5	0.3	0.7	7.5	8	6	4	20	99	25	620	1682.06	1581.07
390	30	4	4	1	25	50	0.09	7.5	0.4	0.7	7.5	19	12	2	20	99	25	740	1559.94	2372.92
391	30	3	4	0	25	40	0.26	10	0.4	0.4	7.5	10	5	6	16	74	20	700	1614.27	1646.71
392	30	4	4	1	20	40	0.09	7.5	0.3	0.5	7.5	15	6	4	20	99	25	830	1385.69	2471.48
393	30	4	4	1	35	50	0.2	7.5	0.25	0.5	7.5	15	0	4	20	99	25	740	1574.91	2048.19
394	30	4	4	1	25	35	0.09	7.5	0.3	0.7	7.5	18	0	0	20	99	25	810	1448.84	2427.62
395	30	4	4	1	25	35	0.26	7.5	0.3	0.5	7.5	8	6	2	20	99	25	720	1649.25	1629.07
396	30	3	4	0	20	40	0.13	10	0.25	0.7	7.5	19	14	2	16	74	20	830	1434.72	2318.92
397	30	4	4	1	25	35	0.2	7.5	0.25	0.8	7.5	10	6	6	20	99	25	720	1649.67	1990.8
398	30	4	4	0	25	40	0.09	7.5	0.25	0.8	7.5	21	12	0	20	99	25	810	1467.69	2556.18
399	30	4	4	1	35	35	0.09	7.5	0.25	0.8	7.5	15	14	0	20	99	25	790	1514.85	2670.82
400	30	4	4	0	35	50	0.09	7.5	0.35	0.7	7.5	19	14	2	20	99	25	820	1550.65	2500.59
401	30	4	4	1	25	40	0.26	7.5	0.3	0.4	7.5	13	0	6	20	99	25	780	1567.34	1567.49
402	30	4	3	0	35	35	0.09	7.5	0.3	0.8	10	20	14	4	15	99	20	790	1536.76	2591.32
403	30	4	4	1	35	35	0.09	7.5	0.4	0.8	7.5	15	12	6	20	99	25	770	1587.35	2323.58
404	30	3	4	0	35	45	0.17	10	0.25	0.8	7.5	20	2	6	16	74	20	870	1465.11	2001.58
405	30	4	4	1	20	35	0.09	7.5	0.3	0.8	7.5	18	8	4	20	99	25	800	1541.66	2540.38
406	30	4	4	0	20	40	0.2	7.5	0.2	0.6	7.5	12	7	4	20	99	25	850	1487.33	1918.08

INDIVÍDUO	NUMGEN	Nx	Ny	DL	FCK CML	FCK CPM	HL	LLJ	HV	BV	LLV	NA	NB	NPT	QDV	QDL	QDP	PEN	CONSUMO TOTAL (m³)	CONSUMO ESTRUTURA (l/m³)
407	30	4	4	0	25	50	0.21	7.5	0.3	0.8	7.5	8	5	2	20	99	25	840	1502.74	1606.56
408	30	4	3	1	35	45	0.13	10	0.35	0.5	7.5	15	14	0	16	74	20	950	1375.93	2136.87
409	30	3	4	1	20	40	0.26	7.5	0.3	0.8	10	21	4	0	15	99	20	780	1680.1	1551.92
410	30	4	4	0	25	35	0.2	7.5	0.2	0.6	7.5	17	0	6	20	99	25	830	1601.55	2121.36
411	30	4	4	1	35	45	0.09	7.5	0.35	0.4	7.5	14	13	4	20	99	25	940	1456.71	2633.91
412	30	3	4	0	20	50	0.13	10	0.4	0.4	7.5	13	8	4	16	74	20	990	1396.82	2183.38
413	30	3	4	0	25	35	0.13	10	0.35	0.5	7.5	15	14	0	16	74	20	990	1432.34	2258.14
414	30	4	3	1	30	50	0.26	10	0.4	0.8	7.5	8	6	2	16	74	20	890	1596.1	1447.2
415	30	4	4	1	30	35	0.26	7.5	0.25	0.4	7.5	13	2	4	20	99	25	860	1653.92	1730.95
416	30	3	4	0	25	35	0.13	10	0.4	0.6	7.5	17	14	0	16	74	20	1100	1449.51	2122.4
417	30	3	4	0	25	35	0.13	10	0.3	0.4	7.5	13	10	6	16	74	20	1100	1384.55	2320.22
418	30	4	4	1	25	35	0.21	7.5	0.3	0.8	7.5	8	6	0	20	99	25	900	1754.32	1972.53
419	30	3	4	0	30	45	0.2	10	0.25	0.4	7.5	12	10	4	16	74	20	1000	1621.08	2342.95
420	30	4	3	1	20	35	0.13	10	0.2	0.8	7.5	20	12	0	16	74	20	1100	1498.05	2531.84
421	30	3	4	0	30	40	0.13	10	0.25	0.5	7.5	15	12	2	16	74	20	1300	1336.62	2228.58
422	30	2	4	0	20	50	0.26	15	0.3	0.8	7.5	15	14	0	12	49	15	1100	1538.75	1534.71
423	30	4	4	1	30	40	0.2	7.5	0.25	0.7	7.5	12	3	4	20	99	25	1000	1653.23	2056.99
424	30	3	4	0	25	35	0.2	10	0.25	0.8	7.5	15	4	2	16	74	20	1100	1609.99	2087.09
425	30	4	4	1	35	50	0.13	7.5	0.4	0.4	7.5	7	4	0	20	99	25	1200	1428.64	2055.72
426	30	3	4	0	25	45	0.2	10	0.4	0.4	7.5	8	6	2	16	74	20	1200	1432.73	1815.49
427	30	4	4	0	35	50	0.17	7.5	0.25	0.8	7.5	12	3	0	20	99	25	1300	1499.85	1901.49
428	30	4	4	0	30	35	0.17	7.5	0.3	0.8	7.5	10	2	6	20	99	25	1300	1524.44	1845.17
429	30	4	3	0	20	35	0.26	7.5	0.35	0.4	10	13	10	0	15	99	20	1200	1678.47	1692.78
430	30	4	3	1	20	50	0.09	10	0.35	0.7	7.5	19	0	4	16	74	20	1500	1426.63	2506.92

INDIVÍDUO	NUMGEN	Nx	Ny	DL	FCK CML	FCK CPM	HL	LLJ	HV	BV	LLV	NA	NB	NPT	QDV	QDL	QDP	PEN	CONSUMO TOTAL (m³)	CONSUMO ESTRUCTURA (l/m³)
431	30	3	4	0	35	35	0.17	10	0.4	0.6	7.5	10	2	6	16	74	20	1400	1502.8	1947.74
432	30	4	3	1	30	35	0.09	10	0.4	0.8	7.5	18	4	2	16	74	20	1500	1437.43	2308.84
433	30	4	4	0	25	35	0.26	7.5	0.2	0.5	7.5	15	0	2	20	99	25	1400	1619.94	1690.89
434	30	4	3	1	25	50	0.09	10	0.4	0.8	7.5	16	0	2	16	74	20	1700	1412.26	2250.38
435	30	4	3	1	25	40	0.09	10	0.35	0.8	7.5	18	8	4	16	74	20	1600	1396.06	2344.39
436	30	4	3	0	20	45	0.09	7.5	0.35	0.6	10	17	8	2	15	99	20	1600	1412.71	2349.26
437	30	4	3	1	25	45	0.13	10	0.25	0.6	7.5	15	10	6	16	74	20	1600	1375.7	2252.12
438	30	4	3	1	20	45	0.09	10	0.4	0.8	7.5	19	14	2	16	74	20	1700	1420.32	2265.64
439	30	3	4	1	30	35	0.13	7.5	0.4	0.5	10	13	6	4	15	99	20	1600	1523.1	2184.19
440	30	3	4	1	20	50	0.09	7.5	0.35	0.6	10	17	8	6	15	99	20	1600	1473.74	2490.62
441	30	4	4	0	35	50	0.17	7.5	0.2	0.4	7.5	12	8	2	20	99	25	1600	1546.16	2329.67
442	30	3	4	1	30	35	0.13	7.5	0.3	0.6	10	15	12	0	15	99	20	1600	1550.85	2364.57
443	30	4	4	0	35	45	0.17	7.5	0.25	0.9	7.5	19	6	2	20	99	25	1700	1632.41	2070.43
444	30	4	4	0	20	40	0.21	7.5	0.25	0.4	7.5	13	0	0	20	99	25	1700	1543.59	1960.42
445	30	4	4	1	20	45	0.17	7.5	0.25	0.9	7.5	13	8	0	20	99	25	1700	1538.02	1908.67
446	30	4	3	1	35	50	0.17	10	0.25	0.8	7.5	18	0	6	16	74	20	1800	1427.36	1930.84
447	30	4	4	0	30	35	0.2	7.5	0.2	0.9	7.5	17	8	0	20	99	25	1700	1608.33	1977.84
448	30	4	4	1	25	50	0.13	7.5	0.2	0.9	7.5	21	6	0	20	99	25	1700	1616.22	2513.97
449	30	4	4	0	20	45	0.26	7.5	0.25	0.4	7.5	13	0	0	20	99	25	1600	1709.54	1804.29
450	30	4	4	1	35	45	0.2	7.5	0.25	0.9	7.5	23	10	6	20	99	25	1700	1692.77	2003.56
451	30	4	4	1	35	35	0.21	7.5	0.25	0.9	7.5	19	2	2	20	99	25	1700	1646.23	1851.7
452	30	4	4	0	20	45	0.26	7.5	0.3	0.8	7.5	6	3	6	20	99	25	1600	1701.4	1561.02
453	30	4	4	1	20	50	0.13	7.5	0.25	0.9	7.5	16	6	4	20	99	25	1700	1593.88	2303.19
454	30	4	4	0	30	35	0.13	7.5	0.2	0.9	7.5	20	4	6	20	99	25	1700	1597.23	2477.28

INDIVÍDUO	NUMGEN	Nx	Ny	DL	FCK CML	FCK CPM	HL	LLJ	HV	BV	LLV	NA	NB	NPT	QDV	QDL	QDP	PEN	CONSUMO TOTAL (m³)	CONSUMO ESTRUTURA (l/m³)
455	30	4	4	0	30	50	0.2	7.5	0.2	0.9	7.5	14	14	6	20	99	25	1700	1665.73	2071.61
456	30	4	3	1	35	40	0.21	10	0.25	0.9	7.5	21	14	0	16	74	20	1800	1553.85	1856.88
457	30	4	4	1	25	40	0.21	7.5	0.2	0.9	7.5	18	12	4	20	99	25	1700	1658.91	1968.85
458	30	3	4	0	20	50	0.26	10	0.4	0.8	7.5	6	3	6	16	74	20	1600	1668.73	1531.95
459	30	4	4	0	30	50	0.17	7.5	0.25	0.9	7.5	23	10	6	20	99	25	1700	1625.14	2058.92
460	30	4	4	1	35	35	0.17	7.5	0.2	0.9	7.5	20	14	4	20	99	25	1700	1654.5	2235.26
461	30	4	4	1	25	40	0.26	7.5	0.2	0.9	7.5	17	14	2	20	99	25	1700	1711.19	1666.4
462	30	4	4	0	20	50	0.26	7.5	0.25	0.9	7.5	16	12	6	20	99	25	1700	1725.64	1613.36
463	30	4	4	1	20	45	0.13	7.5	0.2	0.9	7.5	23	12	2	20	99	25	1900	1570.54	2417.09
464	30	4	4	0	35	40	0.26	7.5	0.2	0.9	7.5	20	8	4	20	99	25	1700	1736.12	1699.09
465	30	4	4	0	25	45	0.26	7.5	0.2	0.9	7.5	19	10	6	20	99	25	1700	1747.63	1712.66
466	30	4	4	0	25	45	0.13	7.5	0.25	0.9	7.5	15	14	2	20	99	25	1900	1536.34	2194.56
467	30	3	3	1	25	45	0.21	10	0.3	0.8	10	20	10	6	12	74	16	1800	1551.59	1783.85
468	30	4	4	1	30	35	0.26	7.5	0.25	0.9	7.5	20	8	2	20	99	25	1700	1775.6	1677.17
469	30	4	3	1	20	50	0.21	10	0.2	0.9	7.5	23	12	2	16	74	20	1700	1747.62	2263.82
470	30	4	4	1	30	45	0.26	7.5	0.25	0.9	7.5	14	12	0	20	99	25	1700	1799.34	1706.06
471	30	4	4	0	25	45	0.26	7.5	0.25	0.9	7.5	18	8	2	20	99	25	1700	1805.86	1712.5
472	30	3	4	0	30	40	0.09	10	0.35	0.5	7.5	15	2	4	16	74	20	2400	1279.69	2335.36
473	30	3	4	0	30	35	0.13	10	0.2	0.8	7.5	16	14	0	16	74	20	2100	1487.04	2511.95
474	30	4	4	0	20	35	0.26	7.5	0.25	0.9	7.5	20	12	4	20	99	25	1700	1820.81	1729.2
475	30	4	4	0	30	45	0.21	7.5	0.2	0.7	7.5	13	0	0	20	99	25	2100	1576.64	1934.74
476	30	4	4	0	25	45	0.21	7.5	0.25	0.9	7.5	14	7	4	20	99	25	1800	1764.78	2026.37
477	30	3	3	1	35	45	0.09	10	0.4	0.8	10	19	10	2	12	74	16	2200	1434.38	2338.81
478	30	4	4	0	25	35	0.2	7.5	0.2	0.9	7.5	20	14	6	20	99	25	1800	1799.71	2288.49

INDIVÍDUO	NUMGEN	Nx	Ny	DL	FCK CML	FCK CPM	HL	LLJ	HV	BV	LLV	NA	NB	NPT	QDV	QDL	QDP	PEN	CONSUMO TOTAL (m³)	CONSUMO ESTRUTURA (l/m³)
479	30	4	4	1	20	45	0.2	7.5	0.2	0.4	7.5	10	8	0	20	99	25	2000	1664.63	2355.23
480	30	4	4	1	30	50	0.26	7.5	0.25	0.9	7.5	17	8	6	20	99	25	1800	1871.46	1793.83
481	30	3	4	1	35	45	0.13	7.5	0.25	0.9	10	23	14	0	15	99	20	2100	1621.28	2405.79
482	30	4	4	1	20	35	0.13	7.5	0.25	0.9	7.5	23	12	4	20	99	25	2100	1615.39	2344.7
483	30	4	4	0	35	50	0.26	7.5	0.25	0.9	7.5	18	0	4	20	99	25	1800	1851.64	1769.21
484	30	4	4	1	20	50	0.26	7.5	0.2	0.9	7.5	14	5	6	20	99	25	2000	1723.81	1680.86
485	30	4	4	0	25	45	0.26	7.5	0.25	0.9	7.5	23	6	2	20	99	25	1800	1894.68	1820.6
486	30	4	2	1	35	40	0.17	15	0.35	0.6	7.5	17	6	4	12	49	15	2500	1409.46	1959.12
487	30	4	4	1	35	35	0.2	7.5	0.25	0.9	7.5	13	12	6	20	99	25	1900	1816.29	2194.72
488	30	4	4	0	30	40	0.21	7.5	0.25	0.9	7.5	21	12	0	20	99	25	1900	1792.38	2069.14
489	30	4	4	0	35	35	0.09	7.5	0.25	0.9	7.5	21	2	0	20	99	25	2300	1515.89	2586.78
490	30	3	4	1	35	35	0.17	7.5	0.4	0.5	10	15	0	2	15	99	20	2500	1462.97	1812.64
491	30	4	3	0	25	50	0.17	7.5	0.3	0.8	10	15	6	2	15	99	20	2300	1579.79	1964.09
492	30	4	4	0	35	45	0.17	7.5	0.2	0.5	7.5	15	0	4	20	99	25	2400	1505.8	2186.57
493	30	3	4	0	25	35	0.21	10	0.3	0.8	7.5	7	4	6	16	74	20	2400	1529.52	1787.32
494	30	4	4	1	20	40	0.2	7.5	0.25	0.4	7.5	8	4	0	20	99	25	2600	1420.96	1834.6
495	30	4	4	0	20	50	0.21	7.5	0.3	0.8	7.5	6	0	4	20	99	25	2400	1485.81	1580.16
496	30	4	3	1	20	45	0.09	10	0.25	0.5	7.5	15	12	0	16	74	20	2700	1321.23	2697.9
497	30	4	4	0	30	35	0.2	7.5	0.25	0.9	7.5	23	14	6	20	99	25	2000	1890.18	2309.7
498	30	2	4	0	25	45	0.13	15	0.35	0.7	7.5	16	14	6	12	49	15	2800	1394.58	2172.02
499	30	3	4	0	20	40	0.21	10	0.2	0.8	7.5	17	0	6	16	74	20	2600	1424.48	1758.37
500	30	4	4	1	30	35	0.17	7.5	0.3	0.8	7.5	7	0	0	20	99	25	2600	1471.38	1758.32
501	30	4	3	0	35	50	0.2	7.5	0.4	0.6	10	10	3	2	15	99	20	2600	1512.23	1688.74
502	30	3	4	0	35	40	0.2	10	0.4	0.8	7.5	3	2	4	16	74	20	2700	1407.93	1541.66

INDIVÍDUO	NUMGEN	Nx	Ny	DL	FCK CML	FCK CPM	HL	LLJ	HV	BV	LLV	NA	NB	NPT	QDV	QDL	QDP	PEN	CONSUMO TOTAL (m³)	CONSUMO ESTRUTURA (l/m³)
503	30	4	4	1	25	35	0.21	7.5	0.25	0.8	7.5	6	3	0	20	99	25	2400	1590.99	1817.53
504	30	4	4	0	35	40	0.26	7.5	0.25	0.9	7.5	14	0	0	20	99	25	2400	1609.17	1474.09
505	30	4	4	1	20	45	0.26	7.5	0.2	0.4	7.5	13	0	0	20	99	25	2500	1554.37	1635.65
506	30	4	3	0	30	45	0.26	7.5	0.25	0.4	10	14	13	6	15	99	20	2400	1720.77	1850.29
507	30	4	3	0	20	45	0.17	7.5	0.35	0.5	10	15	2	0	15	99	20	3000	1387.28	1749.22
508	30	4	4	0	30	35	0.17	7.5	0.2	0.8	7.5	10	3	2	20	99	25	2800	1537.83	2079.8
509	30	4	3	0	35	35	0.26	7.5	0.25	0.7	10	19	2	4	15	99	20	2600	1646.08	1613.35
510	30	4	4	1	30	45	0.21	7.5	0.2	0.6	7.5	10	3	2	20	99	25	2700	1643.81	2097.41
511	30	4	4	0	30	40	0.21	7.5	0.2	0.7	7.5	6	6	6	20	99	25	3000	1541.36	1876.89
512	30	4	4	1	35	40	0.26	7.5	0.25	0.9	7.5	8	5	0	20	99	25	2900	1638.12	1509.33
513	30	4	4	0	20	50	0.09	7.5	0.25	0.4	7.5	13	2	6	20	99	25	3400	1335.4	2583
514	30	2	4	0	25	45	0.2	15	0.4	0.7	7.5	10	4	0	12	49	15	3200	1405.5	1702.85
515	30	4	2	1	35	45	0.26	15	0.25	0.8	7.5	13	10	2	12	49	15	3000	1609.83	1674.53
516	30	3	3	1	35	50	0.26	10	0.4	0.8	10	10	7	6	12	74	16	2900	1592.32	1418.48
517	30	4	4	1	20	35	0.2	7.5	0.2	0.9	7.5	10	7	0	20	99	25	3000	1623.86	1999.19
518	30	4	4	0	25	35	0.17	7.5	0.2	0.5	7.5	8	8	4	20	99	25	3400	1457.24	2089.37
519	30	3	3	1	30	50	0.13	10	0.35	0.7	10	14	12	4	12	74	16	3600	1413.77	2099.85
520	30	4	4	0	20	45	0.17	7.5	0.2	0.4	7.5	12	3	4	20	99	25	3500	1464.86	2161.22
521	30	4	4	1	30	40	0.17	7.5	0.3	0.8	7.5	3	0	2	20	99	25	3500	1473.56	1761.89
522	30	4	4	0	25	50	0.2	7.5	0.2	0.4	7.5	13	0	0	20	99	25	3200	1566.4	2174.81
523	30	3	3	0	35	40	0.17	10	0.4	0.8	10	10	5	6	12	74	16	3600	1502.31	1776.1
524	30	3	4	0	20	50	0.21	10	0.3	0.5	7.5	6	4	0	16	74	20	3800	1351.87	1637.7
525	30	4	4	1	35	45	0.2	7.5	0.2	0.8	7.5	8	0	2	20	99	25	3500	1464.96	1787.04
526	30	4	3	1	20	40	0.09	10	0.3	0.4	7.5	13	4	2	16	74	20	4300	1256.55	2476.08

INDIVÍDUO	NUMGEN	Nx	Ny	DL	FCK CML	FCK CPM	HL	LLJ	HV	BV	LLV	NA	NB	NPT	QDV	QDL	QDP	PEN	CONSUMO TOTAL (m³)	CONSUMO ESTRUTURA (l/m³)
527	30	3	4	0	20	50	0.26	10	0.2	0.9	7.5	14	5	4	16	74	20	3500	1570.17	1577.69
528	30	3	3	0	30	45	0.09	10	0.35	0.5	10	15	14	4	12	74	16	4300	1325.32	2511.27
529	30	3	3	1	35	45	0.09	10	0.35	0.5	10	15	14	2	12	74	16	4100	1346.73	2568.04
530	30	4	4	1	35	45	0.2	7.5	0.2	0.6	7.5	7	4	4	20	99	25	3600	1548.69	2029.62
531	30	4	4	1	35	50	0.2	7.5	0.2	0.6	7.5	8	0	0	20	99	25	4300	1383.58	1738.78
532	30	4	3	1	20	40	0.09	10	0.35	0.7	7.5	6	4	6	16	74	20	4400	1343.11	2303.31
533	30	4	3	1	20	35	0.09	10	0.25	0.9	7.5	14	12	0	16	74	20	4300	1437.99	2683.6
534	30	4	4	0	25	50	0.17	7.5	0.2	0.5	7.5	7	6	2	20	99	25	4300	1516.35	2205.83
535	30	4	3	1	30	50	0.09	10	0.2	0.8	7.5	16	14	2	16	74	20	4500	1413.74	2899.03
536	30	4	3	1	35	45	0.17	10	0.3	0.8	7.5	5	0	6	16	74	20	4500	1427.6	1844.92
537	30	4	4	0	25	50	0.09	7.5	0.2	0.6	7.5	10	10	2	20	99	25	4700	1455.87	2898.73
538	30	3	4	1	20	45	0.26	7.5	0.2	0.8	10	12	10	2	15	99	20	3900	1676.99	1676.93
539	30	4	3	1	25	50	0.21	10	0.2	0.9	7.5	10	8	4	16	74	20	4300	1537.46	1913.01
540	30	4	4	0	30	50	0.26	7.5	0.25	0.9	7.5	5	2	4	20	99	25	4100	1650.28	1524.63
541	30	3	4	1	30	50	0.17	7.5	0.2	0.9	10	23	8	0	15	99	20	4200	1630.66	2233.53
542	30	4	3	0	25	45	0.26	7.5	0.25	0.9	10	14	7	2	15	99	20	4200	1695.28	1595.2
543	30	2	4	0	20	45	0.13	15	0.4	0.8	7.5	10	3	4	12	49	15	5300	1380.8	2003.32
544	30	3	4	1	25	35	0.09	7.5	0.3	0.8	10	12	6	4	15	99	20	4900	1456.28	2406.39
545	30	4	3	1	30	45	0.26	10	0.2	0.9	7.5	10	5	0	16	74	20	4400	1626.91	1657.36
546	30	3	4	0	20	50	0.09	10	0.2	0.8	7.5	21	0	2	16	74	20	5500	1370.3	2768.49
547	30	4	4	0	30	40	0.2	7.5	0.2	0.9	7.5	6	3	4	20	99	25	4900	1478.86	1766.31
548	30	3	3	1	35	40	0.2	10	0.35	0.8	10	7	4	6	12	74	16	5300	1420.1	1587.6
549	30	4	3	1	35	40	0.09	10	0.35	0.8	7.5	3	0	4	16	74	20	5900	1302.21	2125.92
550	30	3	4	0	35	45	0.09	10	0.2	0.8	7.5	15	10	6	16	74	20	5500	1377.89	2795.73

INDIVÍDUO	NUMGEN	Nx	Ny	DL	FCK CML	FCK CPM	HL	LLJ	HV	BV	LLV	NA	NB	NPT	QDV	QDL	QDP	PEN	CONSUMO TOTAL (m³)	CONSUMO ESTRUTURA (l/m³)
551	30	4	2	1	25	50	0.2	15	0.25	0.9	7.5	20	2	2	12	49	15	5100	1436.82	1843.56
552	30	3	3	0	30	50	0.17	10	0.35	0.8	10	13	0	6	12	74	16	5100	1446.98	1758.71
553	30	4	2	1	20	50	0.21	15	0.25	0.7	7.5	14	4	4	12	49	15	5200	1416.4	1790
554	30	4	4	1	25	35	0.09	7.5	0.2	0.9	7.5	14	2	0	20	99	25	5400	1485.18	2729.03
555	30	4	4	0	25	40	0.13	7.5	0.2	0.8	7.5	5	2	4	20	99	25	6000	1393.55	2108.47
556	30	3	4	1	20	45	0.26	7.5	0.2	0.8	10	12	3	4	15	99	20	5400	1606.59	1584.5
557	30	4	4	0	20	50	0.13	7.5	0.2	0.5	7.5	10	0	0	20	99	25	6100	1344.77	2175.15
558	30	3	3	0	30	40	0.21	10	0.35	0.8	10	6	0	2	12	74	16	6000	1475.02	1605.11
559	30	3	3	1	25	35	0.13	10	0.4	0.8	10	6	2	2	12	74	16	6200	1439.26	1901.5
560	30	4	3	1	20	45	0.17	10	0.25	0.9	7.5	4	3	6	16	74	20	6600	1445.39	1912.08
561	30	3	3	0	35	35	0.13	10	0.3	0.6	10	17	4	4	12	74	16	6400	1452.7	2364.64
562	30	3	3	0	25	45	0.2	10	0.2	0.8	10	18	10	6	12	74	16	6000	1666.1	2228.07
563	30	2	4	1	35	50	0.17	7.5	0.4	0.8	15	21	8	6	10	99	15	5700	1691.28	1914.14
564	30	4	4	0	30	35	0.17	7.5	0.2	0.4	7.5	5	4	2	20	99	25	6700	1433.78	2102.94
565	30	3	3	0	20	45	0.13	10	0.35	0.5	10	10	6	4	12	74	16	7400	1337.89	2087.24
566	30	4	3	0	30	45	0.26	7.5	0.3	0.5	10	7	0	0	15	99	20	6500	1595.08	1580.84
567	30	4	3	0	25	35	0.09	7.5	0.2	0.8	10	20	14	0	15	99	20	6700	1519.38	2979.37
568	30	3	4	0	35	40	0.21	10	0.2	0.6	7.5	6	0	6	16	74	20	7000	1549.1	2063.84
569	30	3	3	1	25	45	0.09	10	0.35	0.8	10	6	4	2	12	74	16	8400	1302.08	2162.35
570	30	3	3	1	25	45	0.2	10	0.25	0.7	10	12	5	6	12	74	16	7200	1455.04	1824.04
571	30	4	3	0	20	40	0.13	7.5	0.25	0.4	10	12	8	2	15	99	20	8300	1343.21	2190.68
572	30	4	3	0	25	40	0.2	7.5	0.2	0.8	10	6	6	6	15	99	20	7600	1471.41	1827.42
573	30	4	2	1	30	45	0.2	15	0.2	0.5	7.5	15	6	4	12	49	15	8500	1325.6	1836.4
574	30	4	3	0	20	40	0.2	7.5	0.2	0.6	10	8	7	4	15	99	20	8100	1433.05	1857.39

INDIVÍDUO	NUMGEN	Nx	Ny	DL	FCK CML	FCK CPM	HL	LLJ	HV	BV	LLV	NA	NB	NPT	QDV	QDL	QDP	PEN	CONSUMO TOTAL (m³)	CONSUMO ESTRUTURA (l/m³)
575	30	3	3	0	35	50	0.09	10	0.25	0.8	10	18	10	6	12	74	16	8700	1366.26	2637.27
576	30	3	4	1	35	50	0.21	7.5	0.2	0.5	10	8	8	6	15	99	20	8500	1435.06	1826.43
577	30	3	4	1	35	40	0.17	7.5	0.2	0.5	10	15	4	6	15	99	20	8500	1447.61	2118.2
578	30	4	2	1	20	50	0.09	15	0.3	0.8	7.5	10	6	6	12	49	15	9600	1237.32	2382.92
579	30	3	4	1	25	50	0.17	7.5	0.2	0.6	10	8	6	2	15	99	20	10000	1365.05	1896.19
580	30	2	4	1	20	35	0.2	7.5	0.4	0.6	15	12	8	6	10	99	15	8500	1729.05	1981.97
581	30	2	3	0	25	50	0.13	15	0.3	0.8	10	15	10	4	9	49	12	11000	1413.83	2290.7
582	30	4	1	1	30	50	0.21	30	0.35	0.8	7.5	18	8	0	8	24	10	11000	1397.04	1769.19
583	30	2	3	1	25	40	0.21	10	0.35	0.8	15	18	12	4	8	74	12	10000	1582.39	1743.32
584	30	4	2	0	20	35	0.26	7.5	0.35	0.5	15	15	14	4	10	99	15	8800	1847.96	1830.41
585	30	4	2	0	25	40	0.21	7.5	0.4	0.4	15	12	7	2	10	99	15	11000	1511.64	1730.78
586	30	3	3	1	35	40	0.17	10	0.2	0.8	10	8	5	2	12	74	16	12000	1347.93	1821.69
587	30	3	2	1	30	45	0.2	15	0.2	0.8	10	20	10	2	9	49	12	13000	1386.19	1888.24
588	30	4	1	1	35	35	0.26	30	0.3	0.8	7.5	17	2	2	8	24	10	12000	1455.84	1519.41
589	30	4	2	0	20	35	0.17	7.5	0.3	0.8	15	21	0	0	10	99	15	12000	1603.97	1967.72
590	30	4	2	0	30	40	0.26	7.5	0.25	0.7	15	18	14	0	10	99	15	11000	1710.46	1674.43
591	30	2	4	1	35	45	0.17	7.5	0.3	0.7	15	17	4	4	10	99	15	13000	1472.09	1815.18
592	30	3	2	0	20	40	0.2	10	0.35	0.8	15	16	0	2	8	74	12	13000	1446.98	1607.3
593	30	3	3	0	25	35	0.09	10	0.25	0.6	10	10	5	0	12	74	16	15000	1300.61	2620.79
594	30	4	2	0	30	40	0.17	7.5	0.3	0.7	15	19	2	2	10	99	15	13000	1541.79	1933.56
595	30	3	4	1	30	35	0.09	7.5	0.2	0.5	10	14	7	2	15	99	20	14000	1411.14	2962.39
596	30	2	4	1	30	35	0.09	7.5	0.4	0.5	15	12	3	4	10	99	15	13000	1451.75	2372.36
597	30	4	2	1	35	45	0.2	15	0.2	0.4	7.5	10	0	6	12	49	15	14000	1377.37	1974.3
598	30	1	4	0	20	40	0.26	30	0.35	0.6	7.5	13	0	6	8	24	10	14000	1435.59	1507.68

INDIVÍDUO	NUMGEN	Nx	Ny	DL	FCK CML	FCK CPM	HL	LLJ	HV	BV	LLV	NA	NB	NPT	QDV	QDL	QDP	PEN	CONSUMO TOTAL (m³)	CONSUMO ESTRUTURA (l/m³)
599	30	4	2	1	35	45	0.13	15	0.2	0.6	7.5	10	6	0	12	49	15	15000	1296.23	2243.32
600	30	3	3	1	20	35	0.2	10	0.2	0.4	10	13	10	4	12	74	16	12000	1645.33	2397.39
601	30	3	2	1	20	45	0.21	15	0.25	0.8	10	6	0	0	9	49	12	15000	1381.71	1724.06
602	30	2	2	1	30	45	0.21	15	0.4	0.8	15	20	10	2	6	49	9	15000	1541.94	1811.04
603	30	1	4	0	20	40	0.21	30	0.35	0.5	7.5	10	6	2	8	24	10	17000	1289.5	1663.83
604	30	4	1	1	35	50	0.17	30	0.4	0.4	7.5	13	12	0	8	24	10	16000	1275.05	1887.19
605	30	2	3	0	35	35	0.21	15	0.2	0.6	10	16	14	6	9	49	12	15000	1452.46	1984.78
606	30	4	1	1	30	35	0.26	30	0.35	0.4	7.5	13	8	4	8	24	10	15000	1488.04	1637.73
607	30	3	3	0	35	50	0.09	10	0.2	0.6	10	17	8	2	12	74	16	18000	1323.8	2862.35
608	30	1	4	0	20	35	0.26	30	0.25	0.9	7.5	14	5	4	8	24	10	15000	1525.68	1625.29
609	30	1	4	0	30	50	0.13	30	0.35	0.8	7.5	21	4	2	8	24	10	20000	1299.45	2126.86
610	30	4	2	1	25	45	0.09	15	0.2	0.5	7.5	14	5	4	12	49	15	20000	1228.92	2831.31
611	30	3	2	1	20	35	0.26	15	0.25	0.5	10	7	4	4	9	49	12	17000	1502.79	1581.37
612	30	4	1	1	30	40	0.26	30	0.2	0.6	7.5	17	10	4	8	24	10	19000	1400.26	1525.63
613	30	2	3	1	20	50	0.26	10	0.4	0.4	15	13	0	0	8	74	12	17000	1538.13	1501.01
614	30	2	4	1	30	45	0.17	7.5	0.3	0.4	15	13	6	4	10	99	15	19000	1450.65	1981.23
615	30	2	4	1	25	35	0.13	7.5	0.25	0.8	15	14	8	0	10	99	15	18000	1569.32	2326.47
616	30	4	1	1	35	50	0.2	30	0.3	0.4	7.5	13	6	2	8	24	10	21000	1345.55	1930.33
617	30	1	3	0	25	50	0.17	30	0.4	0.7	10	19	2	2	6	24	8	23000	1279.97	1810.26
618	30	1	4	0	20	50	0.21	30	0.3	0.4	7.5	13	6	0	8	24	10	21000	1387.8	1910.08
619	30	4	1	1	35	35	0.13	30	0.3	0.8	7.5	14	14	6	8	24	10	22000	1380.13	2383.67
620	30	2	3	1	30	50	0.21	10	0.3	0.5	15	14	13	0	8	74	12	19000	1704.14	2171.27
621	30	1	4	0	30	40	0.13	30	0.4	0.4	7.5	13	2	2	8	24	10	25000	1243.2	2129.57
622	30	4	1	1	35	50	0.17	30	0.25	0.8	7.5	15	0	2	8	24	10	22000	1324.24	1969.92

INDIVÍDUO	NUMGEN	Nx	Ny	DL	FCK CML	FCK CPM	HL	LLJ	HV	BV	LLV	NA	NB	NPT	QDV	QDL	QDP	PEN	CONSUMO TOTAL (m³)	CONSUMO ESTRUTURA (l/m³)
623	30	2	2	0	25	35	0.21	15	0.35	0.8	15	17	2	0	6	49	9	20000	1564.78	1902.42
624	30	4	2	0	35	50	0.26	7.5	0.25	0.4	15	14	13	4	10	99	15	17000	1778.18	1903.62
625	30	1	3	0	35	40	0.21	30	0.35	0.6	10	17	6	0	6	24	8	24000	1295.25	1676.6
626	30	4	2	0	35	50	0.09	7.5	0.3	0.5	15	15	0	4	10	99	15	22000	1355.93	2407.13
627	30	1	3	0	20	50	0.2	30	0.35	0.6	10	17	4	0	6	24	8	25000	1274.35	1719.65
628	30	2	3	1	20	45	0.21	10	0.2	0.8	15	21	12	2	8	74	12	22000	1504.56	1832.02
629	30	2	3	1	30	35	0.26	10	0.25	0.6	15	17	6	0	8	74	12	20000	1634.34	1666.42
630	30	1	4	0	20	50	0.13	30	0.3	0.8	7.5	6	5	6	8	24	10	26000	1329.81	2257.34
631	30	2	2	0	30	40	0.17	15	0.35	0.7	15	17	0	0	6	49	9	25000	1383.75	1875.11
632	30	2	3	0	35	45	0.17	15	0.2	0.4	10	13	12	2	9	49	12	27000	1255.16	1936.18
633	30	2	3	1	25	40	0.13	10	0.25	0.9	15	8	5	0	8	74	12	28000	1330.16	1975.71
634	30	3	2	0	35	40	0.17	10	0.2	0.8	15	20	14	0	8	74	12	26000	1482.77	2135.23
635	30	2	3	0	35	35	0.09	15	0.25	0.5	10	8	2	4	9	49	12	31000	1250.05	2690.36
636	30	2	2	0	35	35	0.21	15	0.35	0.6	15	17	0	4	6	49	9	24000	1588.48	2042.58
637	30	3	1	1	25	45	0.26	30	0.35	0.4	10	12	7	0	6	24	8	29000	1392.43	1515.62
638	30	2	2	1	25	50	0.26	15	0.4	0.4	15	13	4	6	6	49	9	26000	1494.29	1551.6
639	30	2	3	1	25	45	0.17	10	0.2	0.9	15	19	0	0	8	74	12	28000	1469.23	2059.85
640	30	2	2	0	35	50	0.21	15	0.3	0.6	15	10	2	2	6	49	9	32000	1373.04	1719.56
641	30	1	4	0	30	35	0.09	30	0.35	0.5	7.5	10	8	0	8	24	10	35000	1225.07	2582.19
642	30	4	1	1	30	50	0.09	30	0.25	0.8	7.5	16	14	4	8	24	10	36000	1312.7	2856.69
643	30	1	4	0	25	35	0.09	30	0.3	0.6	7.5	17	0	4	8	24	10	37000	1234.39	2623.3
644	30	2	3	1	20	45	0.17	10	0.25	0.4	15	13	4	2	8	74	12	36000	1348.14	1985.43
645	30	3	1	1	25	45	0.21	30	0.2	0.8	10	21	14	4	6	24	8	33000	1502.37	2126.99
646	30	2	4	1	30	35	0.17	7.5	0.2	0.5	15	5	4	4	10	99	15	34000	1422.18	2027.99

INDIVÍDUO	NUMGEN	Nx	Ny	DL	FCK CML	FCK CPM	HL	LLJ	HV	BV	LLV	NA	NB	NPT	QDV	QDL	QDP	PEN	CONSUMO TOTAL (m³)	CONSUMO ESTRUTURA (l/m³)
647	30	1	3	0	25	45	0.26	30	0.25	0.5	10	15	4	0	6	24	8	36000	1430.15	1590.08
648	30	2	2	1	25	50	0.17	15	0.25	0.8	15	10	2	2	6	49	9	37000	1386.38	1967.02
649	30	2	2	1	30	40	0.13	15	0.25	0.8	15	21	6	4	6	49	9	38000	1386.6	2303.15
650	30	2	2	0	25	35	0.13	15	0.25	0.8	15	16	10	2	6	49	9	40000	1355.75	2228.76
651	30	2	2	0	35	50	0.13	15	0.3	0.6	15	10	0	0	6	49	9	41000	1315.7	2156.92
652	30	3	1	1	25	45	0.13	30	0.25	0.8	10	17	0	0	6	24	8	45000	1281.39	2263.88
653	30	1	3	0	25	35	0.2	30	0.25	0.4	10	13	12	2	6	24	8	46000	1288.61	1882.7
654	30	3	1	1	35	35	0.26	30	0.25	0.4	10	13	6	2	6	24	8	42000	1448.2	1640.86
655	30	1	4	0	30	45	0.09	30	0.2	0.8	7.5	7	0	6	8	24	10	51000	1240.27	2734.66
656	30	2	2	0	20	45	0.17	15	0.3	0.4	15	12	3	4	6	49	9	46000	1327.38	1967.29
657	30	4	1	1	20	35	0.13	30	0.2	0.4	7.5	13	12	6	8	24	10	49000	1342.4	2572.1
658	30	4	2	0	20	45	0.09	7.5	0.2	0.4	15	7	6	0	10	99	15	54000	1276.9	2748.03
659	30	4	1	0	35	35	0.17	7.5	0.4	0.8	30	21	12	0	5	99	10	41000	1623.44	1808.65
660	30	1	4	1	35	50	0.21	7.5	0.4	0.8	30	14	4	4	5	99	10	41000	1645.18	1652.67
661	30	1	2	0	20	50	0.26	30	0.4	0.5	15	15	8	2	4	24	6	49000	1534.05	1702.11
662	30	4	1	0	35	35	0.21	7.5	0.4	0.8	30	8	8	6	5	99	10	42000	1781.86	1833.73
663	30	2	1	1	25	50	0.21	30	0.4	0.4	15	13	6	2	4	24	6	61000	1321.76	1800.17
664	30	1	4	1	25	35	0.21	7.5	0.35	0.7	30	18	12	6	5	99	10	50000	1659	1806.86
665	30	2	1	1	30	45	0.09	30	0.35	0.8	15	14	10	2	4	24	6	71000	1240.46	2590.38
666	30	4	1	0	35	35	0.2	7.5	0.3	0.7	30	6	2	0	5	99	10	68000	1476.12	1683.35
667	30	1	4	1	30	40	0.2	7.5	0.25	0.8	30	14	3	4	5	99	10	73000	1478.46	1716.1
668	30	1	3	1	30	35	0.21	10	0.3	0.8	30	17	6	2	4	74	8	74000	1502.27	1739.99
669	30	4	1	0	20	50	0.2	7.5	0.3	0.6	30	6	3	4	5	99	10	74000	1662.43	2039.88
670	30	1	4	1	30	35	0.21	7.5	0.35	0.4	30	13	0	6	5	99	10	77000	1633.07	1983.23

INDIVÍDUO	NUMGEN	Nx	Ny	DL	FCK CML	FCK CPM	HL	LLJ	HV	BV	LLV	NA	NB	NPT	QDV	QDL	QDP	PEN	CONSUMO TOTAL (m³)	CONSUMO ESTRUTURA (l/m³)
671	30	3	1	0	25	35	0.2	10	0.35	0.5	30	12	10	4	4	74	8	85000	1472.98	1873.43
672	30	2	1	0	35	35	0.2	15	0.4	0.6	30	17	14	6	3	49	6	92000	1412.35	1820.34
673	30	3	1	0	30	35	0.13	10	0.35	0.6	30	17	4	2	4	74	8	89000	1459.27	2233.32
674	30	2	1	1	35	50	0.17	30	0.25	0.5	15	10	0	6	4	24	6	110000	1231.08	1945.91
675	30	2	1	1	30	35	0.13	30	0.2	0.9	15	20	8	6	4	24	6	110000	1280.07	2366.15
676	30	1	2	1	35	45	0.09	15	0.35	0.8	30	7	4	6	3	49	6	120000	1285.78	2390.74
677	30	1	2	1	25	40	0.21	15	0.35	0.6	30	6	4	0	3	49	6	110000	1484.35	1910.06
678	30	3	1	0	30	40	0.09	10	0.25	0.9	30	10	6	2	4	74	8	130000	1329.05	2406.61
679	30	1	2	1	25	40	0.26	15	0.35	0.5	30	6	5	4	3	49	6	120000	1416.18	1463.45
680	30	1	2	1	35	45	0.26	15	0.25	0.8	30	7	0	2	3	49	6	130000	1426.72	1458.22
681	30	3	1	0	20	45	0.2	10	0.2	0.8	30	6	3	0	4	74	8	120000	1476.36	1937.16
682	30	1	2	1	35	40	0.17	15	0.3	0.6	30	6	4	2	3	49	6	150000	1258.13	1787.25
683	30	1	3	1	35	50	0.17	10	0.2	0.9	30	17	10	6	4	74	8	120000	1509.64	2137.78
684	30	1	4	1	30	45	0.09	7.5	0.25	0.5	30	14	10	0	5	99	10	140000	1376.42	2615.86
685	30	2	1	0	35	35	0.17	15	0.25	0.8	30	7	2	6	3	49	6	160000	1325.91	1903.87
686	30	1	2	1	35	50	0.09	15	0.3	0.7	30	17	6	2	3	49	6	160000	1301.59	2647.98
687	30	1	4	1	35	35	0.13	7.5	0.25	0.4	30	13	2	2	5	99	10	140000	1454.17	2402.4
688	30	1	2	1	30	45	0.13	15	0.3	0.4	30	13	12	2	3	49	6	210000	1267.7	2248.1
689	30	1	3	1	20	45	0.13	10	0.25	0.4	30	10	2	6	4	74	8	190000	1393.39	2439.71
690	30	2	1	0	35	35	0.2	15	0.3	0.4	30	13	4	4	3	49	6	180000	1512.05	2233.59
691	30	1	1	0	30	40	0.17	30	0.4	0.5	30	15	4	6	2	24	4	230000	1244.31	1898.48
692	30	2	1	0	25	35	0.21	15	0.2	0.6	30	7	4	2	3	49	6	210000	1375.92	1876.63
693	30	1	2	1	35	35	0.26	15	0.25	0.4	30	12	3	2	3	49	6	200000	1542.98	1749.27
694	30	1	3	1	35	40	0.09	10	0.2	0.5	30	15	8	0	4	74	8	260000	1289.88	2777.53

INDIVÍDUO	NUMGEN	Nx	Ny	DL	FCK CML	FCK CPM	HL	LLJ	HV	BV	LLV	NA	NB	NPT	QDV	QDL	QDP	PEN	CONSUMO TOTAL (m³)	CONSUMO ESTRUTURA (l/m³)
695	30	1	1	1	20	50	0.13	30	0.3	0.7	30	19	12	2	2	24	4	290000	1250.08	2268.25
696	30	1	1	0	25	40	0.21	30	0.3	0.6	30	16	12	4	2	24	4	260000	1397.95	1975.9
697	30	1	1	1	35	35	0.26	30	0.3	0.5	30	15	10	2	2	24	4	280000	1395.67	1564.17
698	30	1	1	1	20	40	0.09	30	0.3	0.5	30	15	14	6	2	24	4	410000	1181.03	2782.65
699	30	1	1	1	25	35	0.26	30	0.25	0.4	30	13	8	0	2	24	4	400000	1333.58	1509.78
700	30	1	1	1	25	35	0.09	30	0.2	0.9	30	8	8	2	2	24	4	510000	1176.27	2755.97