UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS

Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo

Dissertação

Validação de modelos de penetração de cloretos e CO_2 em concreto na cidade de Pelotas/RS

Carina Farias Ferreira

Pelotas, 2017

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS

Faculdade de Arquitetura e Urbanismo

Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo

Dissertação

Validação de modelos de penetração de cloretos e CO2 em concreto na cidade de Pelotas/RS

Carina Farias Ferreira

Pelotas, 2017

CARINA FARIAS FERREIRA

VALIDAÇÃO DE MODELOS DE PENETRAÇÃO DE CLORETOS E CO_2 EM CONCRETO NA CIDADE DE PELOTAS/RS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Arquitetura e Urbanismo.

Orientadora: Profª. Ariela da Silva Torres, Drª.

Coorientador: Prof. Charlei Marcelo Paliga, Dr.

Pelotas, 2017

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

F384v Ferreira, Carina Farias

Validação de modelos de penetração de cloretos e co2 em concreto na cidade de Pelotas/RS / Carina Farias Ferreira ; Ariela da Silva Torres, orientadora ; Charlei Marcelo Paliga, coorientador. — Pelotas, 2017.

176 f.

Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Pelotas, 2017.

1. Conservação. 2. Estruturas de concreto. 3. Cloretos. 4. Carbonatação. 5. Ensaio natural. I. Torres, Ariela da Silva, orient. II. Paliga, Charlei Marcelo, coorient. III. Título.

CDD : 693

Elaborada por Leda Cristina Peres Lopes CRB: 10/2064

Carina Farias Ferreira

VALIDAÇÃO DE MODELOS DE PENETRAÇÃO DE CLORETOS E CO_2 EM CONCRETO NA CIDADE DE PELOTAS/RS

Dissertação aprovada, como requisito parcial, para obtenção do grau de Mestre em Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Pelotas.

Data da defesa: 21 de setembro de 2017.

Banca examinadora:

.....

ProfªDrª Isabel Tourinho Salamoni

Doutora em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Santa Catarina

.....

ProfªDrªAline Ribeiro Paliga

Doutora em Engenharia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

.....

Prof. Dr. Eduardo Costa Couto

Doutora em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Dedico este trabalho à Alice que com tão pouco tempo de vida já me ensinou tanto.

Agradecimentos

Aos queridos professores Ariela Torres (orientadora) e Charlei Paliga (coorientador), por todo conhecimento transmitido, pela confiança, compreensão e dedicação ao longo deste trabalho.

Agradeço ao Laboratório de Materiais e Técnicas Construtivas da Engenharia Civil da UFPel por todo auxílio e disponibilidade durante o desenvolvimento desta pesquisa.

À Construtora Schumann, pela doação dos corpos-de-prova utilizados nesta pesquisa.

Ao IFSul Pelotas pelo auxílio no desenvolvimento do ensaio colorimétrico realizado neste trabalho.

Aos colegas mestrandos e bolsistas do grupo NEPAMAT, pelo apoio e colaboração durante este período.

A todos os professores e colegas de curso, por todo conhecimento e colaboração.

Ao meu pai, Carlos, e à minha mãe, Vânia, por todo esforço para que eu alcançasse meus objetivos, por toda educação, carinho e cuidado. Agradeço por me ensinarem que nunca é tarde para tentar e que sempre é possível mudar o caminho.

Às minhas irmãs Camila e Carol, por toda amizade, carinho e apoio sempre!Vocês são o exemplo de que sempre podemos tentar algo novo.

Aos meus cunhados, por todo apoio nesta caminhada. Especialmente ao Anderson por todo auxílio nesta pesquisa e nos projetos fora dela.

Ao Lucas, por estar sempre ao meu lado, ser meu porto seguro e inspiração. Agradeço por acreditar em mim quando não acredito e por me mostrar que podemos fazer tudo que quisermos. Este trabalho não seria possível sem a sua compreensão, amizade, apoio e incentivo.

“As pessoas que são loucas o
suficiente para pensar que podem mudar o
mundo, são as que o fazem”.
(Steve Jobs)

Resumo

FERREIRA, Carina Farias. **Validação de modelos de penetração de cloretos e CO_2 em concreto na cidade de Pelotas/RS**. 2017. 176f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

É crescente a preocupação com a perda da durabilidade e desempenho das estruturas de concreto. Estas características estão diretamente ligadas aos requisitos de projeto, execução e manutenção, de forma que é de fundamental importância considerar a ação do ambiente na edificação, visto que o concreto comporta-se de forma diferente em razão do local em que estará exposto. Dentre as formas de deterioração pode-se citar como principal a ação de cloretos e CO_2 que podem comprometer a funcionalidade e vida útil das estruturas de concreto. Como forma de avaliar a ação destes agentes agressivos e os diversos fatores que influenciam no processo de deterioração, foram desenvolvidos modelos de previsão para estimativa da durabilidade das estruturas de concreto após um tempo determinado. Assim, esta pesquisa teve como objetivo verificar a compatibilização de modelos de previsão de vida útil, existentes na literatura com o processo de carbonatação e penetração de cloretos em estruturas de concreto, expostas na cidade de Pelotas/RS. Para tanto, foi realizado o ensaio natural através da exposição de 60 corpos-de-prova (cilíndricos com 10 cm de diâmetro e 20 cm de altura) em cinco diferentes locais da cidade (um local no bairro Centro, Porto e Fragata e dois locais no bairro Três Vendas) sendo implantados 12 corpos-de-prova em cada localidade. Após tempos pré-determinados de 4, 8, 12 e 16 meses de exposição, uma amostra com 3 elementos, de cada local, foi levada ao laboratório para rompimento e posterior aplicação de nitrato de prata e fenolftaleína para determinação da profundidade de cloretos e CO_2 respectivamente. Em seguida foi aplicado o modelo de Bob (1996) para comparação e análise de cloretos e os modelos de Smolczyk (1976), Vesikari (1988), Morinaga (1990), Helene (1997) e Possan (2010) para carbonatação. Como resultado foram encontrados valores significativos tanto para a penetração de cloretos quanto CO_2, principalmente devido ao clima da cidade que se mostrou favorável a estes processos. Percebeu-se uma tendência de aumento entre a primeira e última medição para todos os locais analisados, porém a profundidade penetrada não teve um comportamento linear, sendo o tempo a variável que interferiu significativamente no resultado. A aplicação do modelo de Bob (1996) apresentou diferenças entre os valores obtidos com sua aplicação e os dados do ensaio natural, no entanto se mostrou adequado para algumas situações, demonstrando grande potencial em descrever o comportamento da profundidade de cloretos ao longo do tempo para a cidade de Pelotas, sendo necessários alguns ajustes nos parâmetros de entrada. Quanto ao processo de carbonatação, com a aplicação dos modelos de previsão de vida útil, foi possível observar que o modelo de Helene (1997), apesar das diferenças entre os valores obtidos com sua aplicação e os dados do ensaio natural, representou de forma satisfatória a penetração de CO_2 ao longo do tempo, muito possivelmente devido às características do concreto utilizado.

Palavras-chave: conservação; estruturas de concreto; cloretos; carbonatação; ensaio natural; modelos de previsão.

Abstract

FERREIRA, Carina Farias. **Validation of penetration models of chlorides and CO_2 in concrete in the city of Pelotas/RS.** 2017. 176f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

Concern is growing over the loss of durability and performance of concrete structures.These characteristics are directly related to the requirements of design, execution and maintenance, so it is of fundamental importance to consider the environmental action in the building, since the concrete behaves differently due to the location in which it will be exposed.Among the forms of deterioration can be cited as the main action of chlorides and CO2 that can compromise the functionality and useful life of concrete structures. As a way of evaluating the action of these aggressive agents and the various factors that influence the deterioration process, prediction models were developed to estimate the durability of the concrete structures after a certain time.Thus, this research had as objective to verify the compatibility of models of prediction of useful life, existent in the literature with the process of carbonation and penetration of chlorides in concrete structures, exposed in the city of Pelotas / RS.For this purpose, the natural test was performed by exposing 60 specimens (cylindrical 10 cm in diameter and 20 cm in height) in five different locations of the city (in the Center, Porto and Fragata and two sites in the TrêsVendas neighborhood) where they were implanted 12 specimens in each locality.After a predetermined time of 4, 8, 12 and 16 months of exposure, a sample with 3 elements from each site was taken to the laboratory for cutting and subsequent application of silver nitrate and phenolphthalein to determine the depth of chlorides and CO2, respectively. Then the model of Bob (1996) for comparison and analysis of chlorides and models of Smolczyk (1976), Vesikari (1988), Morinaga (1990), Helene (1997) and Possan (2010) for carbonation were applied.As a result, significant values were found for both chloride and CO 2 penetration, mainly due to the city climate that favored these processes. It was noticed a tendency of increase between the first and last measurement for all the analyzed places, however the penetrated depth did not have a linear behavior, being the time variable that interfered significantly in the result.The application of the model of Bob (1996) presented differences between the values obtained with its application and the data of the natural test, however it was adequate for some situations, showing great potential in describing the behavior of the depth of chlorides over time to the city of Pelotas, requiring some adjustments in the input parameters.Regarding the carbonation process, with the application of the models of prediction of useful life, it was possible to observe that the model of Helene (1997), despite the differences between the values obtained with its application and the data of the natural test, represented satisfactorily the penetration of CO2 over time, quite possibly due to the characteristics of the concrete used.

Keywords: conservation; concrete structures; chlorides; carbonation; natural test; prediction models.

Lista de Figuras

Figura 1 - Conceituação de vida útil de Tuutti (1982) e ampliada por Helene (1993) 21
Figura 2 - Representação do processo de corrosão na presença de cloretos 23
Figura 3 - Representação do processo de carbonatação..... 25
Figura 4 - Representação do avanço da frente de carbonatação no concreto ao longo do tempo..... 26
Figura 5 - Metodologia da pesquisa. 46
Figura 7 - Localização do ambiente de exposição das amostras no bairro Centro. .. 49
Figura 8 - Local de exposição das amostras no bairro Centro. 49
Figura 9 - Localização do primeiro ambiente de exposição das amostras no bairro Três Vendas. 50
Figura 10 - Primeiro local de exposição das amostras no bairro Três Vendas..... 50
Figura 11 - Localização do segundo ambiente de exposição das amostras no bairro Três Vendas. 51
Figura 12 - Segundo local de exposição das amostras no bairro Três Vendas..... 51
Figura 13 - Localização do ambiente de exposição das amostras no bairro Porto. .. 52
Figura 14 - Local de exposição das amostras do bairro Porto. 52
Figura 15 - Localização do ambiente de exposição das amostras no bairro Fragata. 53
Figura 16 - Local de exposição das amostras no bairro Fragata..... 53
Figura 17– Corpos-de-prova utilizados no ensaio natural. 54
Figura 18 - Representação esquemática da realização do ensaio natural. 55
Figura 19 - Exemplo do rompimento do corpo-de-prova em prensa hidráulica. 55
Figura 20 - Evolução da resistência à compressão ao longo do tempo. 56
Figura 21 - Exemplo da aspersão de nitrato de prata na amostra fraturada. 57
Figura 22 - Exemplo do aspecto das amostras após aspersão de nitrato de prata... 57
Figura 23 - Exemplo da aspersão de fenolftaleína na amostra fraturada. 58
Figura 24 - Exemplo do aspecto das amostras após aspersão de fenolftaleína. 58
Figura 25 - Aspersão de nitrato de prata e fenolftaleína na face fraturada do corpo-de-prova. 59
Figura 26 - Exemplo da frente de penetração de cloretos. 59
Figura 27 - Exemplo da medição da profundidade (a) de cloretos e (b) de carbonatação..... 60

Figura 28- Temperatura média em cada período de exposição das amostras.....61
Figura 29 - Umidade relativa média para cada período de exposição das amostras. 62
Figura 30 - Precipitação acumulada para cada período de exposição das amostras. 62
Figura 31 - Ábaco proposto no modelo de Helene (1997).....68
Figura 32 - Profundidade de penetração de cloretos para cada localidade e tempo de exposição. 72
Figura 33 - Variação na profundidade de penetração de cloretos para cada localidade e período de exposição. 74
Figura 34 - Relação entre a penetração de cloretos e a precipitação acumulada para cada período. 75
Figura 35 - Relação entre a penetração de cloretos e a umidade relativa para cada período. 75
Figura 36 - Relação entre a penetração de cloretos e a temperatura para cada período. 76
Figura 37 - Função representativa do comportamento da penetração de cloretos para o bairro Fragata.....78
Figura 38 - Função representativa do comportamento da penetração de cloretos para o bairro Centro. 78
Figura 39 - Função representativa do comportamento da penetração de cloretos para o bairro Porto. 79
Figura 40 - Função representativa do comportamento da penetração de cloretos para o bairro Três Vendas 1.....79
Figura 41 - Função representativa do comportamento da penetração de cloretos para o bairro Três Vendas 2.....79
Figura 42 - Modelo de Bob (1996) com parâmetro d=2.....85
Figura 43 - Modelo de Bob (1996) com parâmetro d=1.....86
Figura 44 - Modelo de Bob (1996) com parâmetro d=0,50.....86
Figura 45 - Comparação dos resultados do ensaio natural com o modelo de Bob (1996).....88
Figura 46 - Profundidade de carbonatação para cada localidade e tempo de exposição. 89

Figura 47 - Variação na profundidade de carbonatação para cada localidade e período de exposição. 90
Figura 48 - Relação entre a penetração de CO_2 e a precipitação acumulada para cada período. 91
Figura 49 - Relação entre a penetração de CO_2 e a umidade relativa para cada período. 91
Figura 50 - Relação entre a penetração de CO_2 e a temperatura para cada período. 92
Figura 51 - Função representativa do comportamento da penetração de CO_2 para o bairro Fragata. 94
Figura 52 - Função representativa do comportamento da penetração de CO_2 para o bairro Centro. 94
Figura 53 - Função representativa do comportamento da penetração de CO_2 para o bairro Porto. 95
Figura 54 - Função representativa do comportamento da penetração de CO2 para o bairro Três Vendas 1. 95
Figura 55 - Função representativa do comportamento da penetração de CO_2 para o bairro Três Vendas 2. 95
Figura 56 - Modelos de carbonatação com C = 1,2%. 100
Figura 57 - Modelos de carbonatação com C = 0,9%. 100
Figura 58 - Modelos de carbonatação com C = 0,5%. 101
Figura 59 - Modelos de carbonatação com C = 0,1%. 101
Figura 60 - Comparação dos resultados do ensaio natural com o modelo de Vesikari (1988) e Helene (1997b). 104

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Classes de agressividade ambiental 20
Tabela 2 - Relação entre classe de agressividade ambiental e cobrimento nominal 20
Tabela 3 - Mecanismos de transporte de íons cloreto no concreto 24
Tabela 4 - Influência da característica do concreto na penetração de cloretos e CO_2 27
Tabela 5 - Influência das condições e ambiente de exposição na penetração de cloretos e CO_2 28
Tabela 6 - Estudos da penetração de cloretos e CO2 através do ensaio natural..... 30
Tabela 7 - Modelos matemáticos para estimativa da profundidade de cloretos em estruturas de concreto..... 35
Tabela 8 - Modelos matemáticos para estimativa da profundidade de carbonatação em estruturas de concreto..... 40
Tabela 9 - Resistência à compressão dos corpos-de-prova de concreto (MPa) 56
Tabela 10 - Variáveis climáticas da cidade de Pelotas/RS para o período estudado. 61
Tabela 11 - Parâmetros relacionados ao modelo de Bob (1996). 65
Tabela 12 - Parâmetros relacionados ao modelo de Smolczyk (1976). 66
Tabela 13 - Parâmetros empregados no modelo de Helene (1997b)..... 69
Tabela 14 - Coeficientes do modelo de Possan (2010) em função das características do concreto e das condições ambientais. 70
Tabela 15 - Coeficientes do modelo de Possan (2010) em função das condições de exposição. 70
Tabela 16 - Parâmetros empregados no modelo de Possan (2010). 71
Tabela 17 - Variação entre a penetração de cloretos e o cobrimento recomendado pela norma. 74
Tabela 18 - Comparação entre os resultados do ensaio natural e da previsão através das equações 80
Tabela 19 - Variável dependente profundidade de cloretos (mm). 81
Tabela 20 - Variável dependente profundidade de cloretos (mm) e variável independente tempo. 82
Tabela 21 - Variável dependente profundidade de cloretos (mm) e variável independente local. 83

Tabela 22 - Teste de Tukey e variável independente tempo.....84
Tabela 23 - Teste de Tukey e variável independente local. 84
Tabela 25 - entre a penetração de CO_2 e o cobrimento recomendado pela norma. .90
Tabela 26 - Comparação entre os resultados do ensaio natural e da previsão através das equações polinomiais. 96
Tabela 27 - Variável dependente profundidade de carbonatação (mm).....97
Tabela 28 - Variável dependente profundidade de carbonatação (mm) e variável independente tempo.....97
Tabela 29 - Variável dependente profundidade de carbonatação (mm) e variável independente local. 98
Tabela 30 - Teste de Tukey e variável independente tempo.....99
Tabela 31 - Teste de Tukey e variável independente local. 99

Sumário

1 Introdução **14**
1.1 Objetivos **16**
1.2 Limitações da Pesquisa **17**
1.3 Estrutura da dissertação **18**

2 Revisão Bibliográfica **19**
2.1 Durabilidade evida útil das estruturas de concreto armado **19**
2.2 A ação de cloretos em estruturas de concreto armado **22**
2.2.1 Mecanismos de transporte de cloretos no concreto **24**
2.3 O processo de carbonatação nas estruturas de concreto armado **24**
2.4 Fatores que influenciam no avanço da frente de cloretos e CO_2 ..... **26**
2.4.1 Características do concreto **26**
2.4.2 Condições e ambiente de exposição **28**
2.5 Estudos de penetração de cloretos e CO_2 em estruturas de concreto através do ensaio natural **30**
2.6 Modelos de previsão de vida útil **34**
2.6.1 Modelos para estimativa da penetração de íons cloreto **34**
2.6.2 Modelos para estimativa da carbonatação **39**
2.6.3 Estudos com modelos de previsão de vida útil de estruturas de concreto **43**

3 Metodologia **46**
3.1 Ensaio natural **46**
3.1.1 Definição dos locais de exposição **47**
3.1.1.1 Bairro Centro **48**
3.1.1.2 Bairro Três Vendas **49**
3.1.1.3 Bairro Porto **51**
3.1.1.4 Bairro Fragata **52**
3.1.2 Moldagem dos corpos de prova de concreto **53**
3.1.3 Definição do cronograma de coleta de amostras **54**
3.1.4 Ensaio de resistência à compressão **55**
3.1.5 Execução da medição de penetração de cloretos e carbonatação **57**
3.1.6 Caracterização climática da cidade de Pelotas/RS **60**
3.2 Análise dos resultados **62**

3.2.1 Análise estatística **63**
3.2.2 Modelos de previsão de vida útil **64**
3.2.2.1 Modelos de previsão para análise de cloretos **64**
3.2.2.2 Modelo de previsão para análise de carbonatação **65**
3.2.2.2.1 Modelo de Smolczyk (1976) **65**
3.2.2.2.2 Modelo de Vesikari (1988) **66**
3.2.2.2.3 Modelos de Morinaga (1990) **67**
3.2.2.2.4 Modelo de Helene (1997b) **68**
3.2.2.2.5 Modelo de Possan (2010) **69**

4 Resultados **72**
4.1 Resultados da penetração de cloretos **72**
4.1.1 Ensaio natural **72**
4.1.2 Análise estatística **80**
4.1.3 Modelo de previsão de vida útil **84**
4.2 Resultados da carbonatação **89**
4.2.1 Ensaio natural **89**
4.2.2 Análise estatística **96**
4.2.3 Modelo de previsão de vida útil **99**

5 Conclusões e Considerações finais **106**
5.1 Sugestões para trabalhos futuros **108**

Referências **109**

Apêndice **117**

Introdução

Inevitavelmente, todas as construções estarão sujeitas à passagem do tempo e a variadas formas de degradação, que provocam a deterioração nos materiais de construção e a perda da funcionalidade e segurança da edificação. Os métodos e materiais empregados fazem parte da caracterização de uma obra e representam um papel de grande relevância na resistência da estrutura. Devido a isso, conhecer o comportamento dos materiais quando em uso é de fundamental importância na construção, manutenção, intervenção e até mesmo demolição de um edifício.

O concreto é um material de ampla utilização aplicado mundialmente nas construções, devido a vantagens como resistência, facilidade de produção e alta durabilidade, quando bem executado. A década de 90, para Souza e Ripper (2009), ditou a certeza de que o concreto como material de construção é instável ao longo do tempo, tendo suas propriedades físicas e químicas alteradas em função das características de seus componentes e das respostas destes às condicionantes do meio ambiente.

A ação de agentes agressivos nas estruturas de concreto armado pode gerar um dano progressivo, tanto no concreto como nas armaduras, sendo que a deterioração de qualquer um desses componentes comprometerá a estrutura como um todo. Neste contexto, as estruturas que são feitas em concreto, segundo Helene (1997a), devem ter respeitadas as condições de manutenção preventiva especificadas no projeto, sendo projetadas, construídas e utilizadas de modo que sob as condições ambientais previstas, conservem sua segurança, estabilidade, aptidão em serviço e aparência aceitável, durante um período já fixado, sem que exijam medidas extras de manutenção e reparo.

Em geral, quando se pensava na qualidade do concreto havia uma preocupação apenas com relação a sua resistência, esquecendo-se da fundamental importância da durabilidade (SILVA, 1995). Neste sentido, Cánovas (1988) afirma que as estruturas de concreto armado devem reunir não apenas condições de

resistência para suportar os esforços aos quais vão estar submetidas, mas também condições de constituição para que possam suportar as ações externas de caráter físico e químico diante das quais seu bom comportamento adquire uma importância vital.

A forma de deterioração que tem se mostrado de maior incidência e com maiores prejuízos econômicos em diversos países é a corrosão de armaduras (CARMONA, 2005). Este mecanismo de deterioração é consequência da interação do material com o meio, aliada ou não a esforços mecânicos (GENTIL,2003).Segundo Barbosa et al. (2012), este fenômeno é mais frequente do que qualquer outro em estruturas de concreto armado, comprometendo-as tanto do ponto de vista estético, quanto do ponto de vista da segurança, podendo demandar reparos em estruturas ou quando agravado, reconstrução de elementos estruturais e com isto custos de reabilitação do concreto. Neste sentido, de acordo com Bertolini (2010), em muitos países o investimento na infraestrutura já existente cresce progressivamente, superando muitas vezes os investimentos em novas obras.

Quando bem executado, o concreto oferece uma proteção física e química à armadura, onde a perda desta proteção pode ocorrer por diversas formas, sendo preponderante a ocorrência por ataque de íons cloretos e o dióxido de carbono (HELENE, 1993). A penetração de cloretos ocorre nos poros do concreto, e em conjunto com a água e oxigênio, quando em contato com a película passivadora, responsável pela proteção química do concreto, provocam desestabilizações pontuais. Já o fenômeno da carbonatação, ocorre devido à penetração do CO_2 que acarreta em reações que reduzem a alcalinidade e o pH comprometendo a película passivadora.

Segundo Vieira (2003), a frequência de ocorrência de corrosão de armaduras e os problemas associados a esta, evidenciam a necessidade de buscar soluções que contribuam para minimizar este processo de deterioração e sua evolução nas estruturas de concreto armado. Assim, como forma de estimar a degradação destas estruturas ao longo do tempo, diversos modelos de previsão de vida útil vêm sendo desenvolvidos referentes à ação do CO_2 (HAMADA, 1969; VESIKARI, 1988; BOB e BOB, 1991; HELENE, 1997; POSSAN, 2010) e ao ingresso de íons cloretos (MANGAT et al., 1994; BOB e BOB, 1996; LIANG et al., 1999; ANDRADE, 2001).Na maioria das vezes, estes modelos são baseados em fatores determinados em laboratório através de ensaios acelerados, que segundo Figueiredo (2004), não

avaliam as reais condições de exposição às quais as edificações estarão submetidas, simulando o processo de degradação através de um ambiente mais agressivo, diferente do ensaio ao natural ou de campo. O ensaio natural, de acordo com Possan (2004), oferece a interação real com o meio agressivo, a exposição às intempéries e a possibilidade de avaliação da degradação devido ao efeito sinérgico dos agentes agressivos. Porém, tem como desvantagem o longo período de tempo necessário para a realização dos ensaios e obtenção de resultados, sendo por isso pouco empregado pelos pesquisadores.

A determinação da influência dos diversos fatores que interferem na durabilidade das estruturas é de alta complexidade, e devido a isto, os modelos de previsão existentes são ferramentas importantes que podem ser associados aos resultados obtidos em ensaios que avaliem a deterioração tanto das estruturas existentes, como também das novas construções. Para esta última, a aplicação de modelos de previsão auxilia na etapa de projeto, para que em conformidade com o ambiente em que serão expostas, as construções tenham a vida útil esperada. Neste contexto, embora já existam diversas pesquisas acerca deste tema, muitas são feitas através de ensaios em laboratório, além de terem sido realizadas em regiões especificas do nosso país. Porém, estudos que associem os modelos desenvolvidos com a degradação natural são fundamentais para o avanço desta área de pesquisa, visto que mesmo sendo o mesmo material, o concreto comporta-se de forma diferente em ambientes com condições de exposição distintas.

Desta forma, este trabalho teve o intuito de colaborar com os estudos de degradação de estruturas de concreto expostas em ambiente urbano e assim verificar a aplicabilidade de modelos de previsão de vida útil presentes na literatura. A partir destes conceitos, assumiu-se como hipótese deste trabalho, que existe um modelo de previsão que represente o comportamento de estruturas de concreto, expostas em ambiente urbano na cidade de Pelotas/RS, frente à penetração de cloretos e CO_2.

1.1 Objetivos

Esta pesquisa teve como objetivo principal verificar a compatibilização de modelos de previsão de vida útil, existentes na literatura, com o processo de

carbonatação e a penetração de cloretos em estruturas de concreto, expostas em ambiente urbano na cidade de Pelotas/RS.

De acordo com o objetivo principal, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

a) Medir a penetração de cloretos em corpos-de-prova expostos em ambiente urbano na cidade de Pelotas/RS, através da aspersão de nitrato de prata;
b) Medir a penetração de CO_2 em corpos-de-prova expostos em ambiente urbano na cidade de Pelotas/RS, através da aspersão de fenolftaleína;
c) Verificar se há diferença na profundidade de penetração de cloretos e CO_2 em corpos-de-prova expostos em diferentes bairros da cidade de Pelotas/RS e diferentes períodos de exposição;
d) Comparar os resultados da exposição de concreto em ambiente natural com os dados gerados pelos modelos de previsão de vida útil.

1.2 Limitações da Pesquisa

Como primeira limitação desta pesquisa, tem-se o ambiente urbano para o ensaio natural das amostras de concreto. Estas tiveram como local de exposição a cidade de Pelotas/RS, devido a isto os resultados obtidos neste ensaio são válidos para ambientes com características climáticas e de agressividade ambiental semelhantes à da cidade em questão.

Pode-se citar também, a falta de caracterização do microclima em que as amostras foram expostas, através do estudo das variáveis climáticas de cada local de exposição.

Outra limitação é quanto aos modelos de previsão de vida útil aplicados. A maioria dos modelos existentes na bibliografia precisa de diferentes dados de entrada, devido à ausência destes, foi necessário buscar modelos que pudessem ser aplicados com os resultados obtidos no ensaio natural realizado.

Por fim, têm-se também como limitação as amostras utilizadas na pesquisa. Devido à quantidade necessária para o desenvolvimento deste estudo, e a condição de que estas seriam expostas no mesmo período, as amostras utilizadas foram doadas por uma concreteira local. Desta forma, os resultados encontrados descreverem o comportamento de estruturas executadas com este concreto.

1.3 Estrutura da dissertação

Esta dissertação está estruturada em cinco capítulos, descritos a seguir.

O primeiro capítulo refere-se à introdução do trabalho, apresentando o contexto em que a pesquisa está inserida, os objetivos, hipótese da pesquisa,delineamento do trabalho e suas limitações.

O segundo capítulo destina-se à revisão bibliográfica dos assuntos que serão abordados ao longo do trabalho, como durabilidade e o processo de deterioração de estruturas de concreto armado, a ação dos cloretos e CO_2 nestas estruturas, estudos já realizados sobre o tema e os modelos de previsão de vida útil que podem ser aplicados neste trabalho.

O terceiro capítulo descreve o programa experimental adotado para a realização deste trabalho, detalhando os métodos, materiais e etapas do processo.

No quarto capítulo estão apresentados os resultados obtidos na realização do programa experimental, a análise e discussões.

Por fim, o quinto capítulo contém as conclusões e considerações finais do trabalho e sugestões para trabalhos futuros.

Após o último capítulo, são apresentadas as referências bibliográficas utilizadas para elaboração desta pesquisa.

2 Revisão Bibliográfica

Este capítulo aborda os principais assuntos referentes a este estudo, dividindo-se em quatro principais temas: durabilidade e vida útil das estruturas de concreto armado; a ação do cloreto e CO_2 nas estruturas de concreto armado; estudos de durabilidade com foco no ensaio natural para avaliação da carbonatação e penetração de cloretos em estruturas de concreto; e modelos de previsão de vida útil.

2.1 Durabilidade e vida útil das estruturas de concreto armado

A durabilidade em conjunto com o desempenho está diretamente ligada à vida útil da edificação, que pode ser definida como o período no qual a estrutura é capaz de garantir não apenas sua estabilidade, mas todas as funções para as quais foi projetada (BERTOLINI, 2010).

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), através da NBR 6118 (ABNT, 2014), define vida útil como o período de tempo durante o qual a estrutura mantém suas características, sem intervenções significativas e atendendo as especificações de uso e manutenção prescritos pelo projetista e pelo construtor, bem como execução de reparos necessários decorrentes de danos acidentais. Esta mesma norma descreve também a durabilidade como fator importante e indispensável a ser considerado no dimensionamento das estruturas de concreto armado, afirmando que estas devem ser projetadas e construídas de modo que sob as condições ambientais previstas na época do projeto e quando utilizadas de maneira correta, conservem a segurança, estabilidade e desempenho em serviço durante o período correspondente à sua vida útil.

A NBR 6118, ao longo do tempo, sofreu mudanças voltadas aos requisitos de qualidade da obra e do projeto, de segurança e de durabilidade das construções. Uma das alterações, realizadas ao longo dos anos refere-se ao aumento dos cobrimentos mínimos para proteção das armaduras, definidos em função das condições de exposição da estrutura a intempéries. Assim, ela estabelece uma classificação da agressividade do meio em função do tipo de

ambiente, e em função desta classe de agressividade estabelece também requisitos mínimos para cobrimentos das armaduras. A Tabela 1 apresenta a classificação da agressividade ambiental, enquanto que a Tabela 2 os valores mínimos exigidos para cobrimento.

Tabela 1 - Classes de agressividade ambiental

Classe de agressividade ambiental	**Agressividade**	**Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto**	**Risco de deterioração da estrutura**
I	Fraca	Rural	Insignificante
		Submersa	
II	Moderada	Urbana	Pequeno
III	Forte	Marinha	Grande
		Industrial	
IV	Muito Forte	Industrial	Elevado
		Respingos de maré	

Fonte: NBR 6118 (ABNT, 2014).

Tabela 2 - Relação entre classe de agressividade ambiental e cobrimento nominal

Tipo de estrutura	**Componente ou elemento**	**Classe de agressividade ambiental**			
		I	**II**	**III**	**IV**
		Cobrimento nominal (mm)			
Concreto armado	Laje	20	25	35	45
	Viga/pilar	25	30	40	50
	Elementos estruturais em contato com o solo	30		40	50
Concreto protendido	Laje	25	30	40	50
	Viga/pilar	30	35	45	55

Fonte: NBR 6118 (ABNT, 2014).

A degradação das estruturas de concreto e a consequente redução de seu desempenho é um problema frequente no mundo inteiro. Os problemas de durabilidade nestas estruturas podem ser causados por diversos fatores que incluem a falta de conhecimento do meio ambiente que ficarão expostas, especificações inadequadas e/ou a uma má execução. Possan (2004) complementa que as operações de manutenção e reparo e as condições de uso que a edificação estará submetida durante sua vida útil também comprometem a durabilidade da edificação.

Neville (1997) cita como fatores de deterioração de estruturas de concreto armado: ciclos de gelo e degelo da água dos poros em regiões frias, desgaste mecânico por abrasão, reações expansivas ocasionadas por sulfatos, carbonatação, ação de cloretos e corrosão de armaduras.

Para Helene (1997a), os agentes de deterioração mais recorrentes nas estruturas de concreto armado são a penetração de cloretos e a carbonatação. Estas formas de deterioração ao atingir a armadura podem promover além de séria corrosão, o aparecimento de manchas, fissuras, destacamentos de concreto, até perda da seção resistente e da aderência, promovendo o colapso da estrutura ou de suas partes. Sendo destas formas de degradação, a perda da seção e de aderência, imperceptíveis a olho nu, sendo necessários ensaios específicos para sua identificação.

Neste contexto, o modelo de vida útil de Tuutti (1982) ampliado por Helene (1993), apresenta estas formas de deterioração, dividindo o processo de corrosão das estruturas de concreto armado em dois estágios. Segundo Carmona (2005) primeiro estágio denominado período de iniciação ou despassivação (t_0), corresponde ao tempo que os agentes agressivos do ambiente levam para alcançar a armadura. Já o segundo estágio, denominado de período de propagação, está associado ao período de tempo t (t_1, t_2 ou t_r) e representa o tempo até a ocorrência a ocorrência de uma deterioração significativa tanto do ponto de vista estético quanto de segurança. Ainda segundo o autor, a definição de t (t_1, t_2 ou t_r) depende da definição do nível de deterioração aceitável, e portanto bastante subjetiva.

A vida útil então é igual a t_0 + t, sendo t definido arbitrariamente, sendo possível distinguir diferentes tipos como vida útil de projeto, vida útil de serviço ou de utilização, vida útil total e vida útil residual (CARMONA, 2005). A figura 1 apresenta este modelo de vida útil.

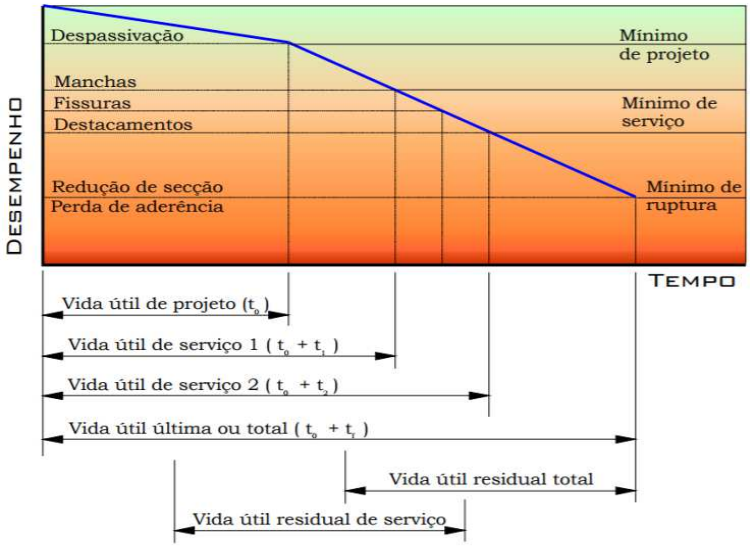

Figura 1 - Conceituação de vida útil de Tuutti (1982) e ampliada por Helene (1993)
Fonte: Carmona, 2005.

2.2 A ação de cloretos em estruturas de concreto armado

As estruturas de concreto armado são possíveis de serem realizadas por diversos fatores, como a versatilidade, facilidade de execução, baixo custo, resistência a esforços solicitantes, a aderência e os coeficientes de dilatação térmica dos materiais, que tornam possível a ação do concreto em conjunto com a armadura. Entre estes pode-se citar, também, a proteção física e química que o concreto faz na armadura.

A proteção física é promovida pelo cobrimento, que é a camada que envolve o aço contra a exposição ao ambiente. Quando esta camada de concreto possui espessura e qualidade satisfatórias, pode impedir a corrosão das barras de aço. Já a proteção química é realizada através de uma película de óxidos, que segundo Neville (1997), é formada no momento em que o aço é envolvido pela pasta de cimento e que é fortemente aderida à armadura.

Segundo Silva (2010), pode-se afirmar que enquanto a armadura estiver passivada, não ocorrerá corrosão, já que a película de óxidos que promove a proteção da armadura impede o acesso de umidade, oxigênio e agentes agressivos à superfície do aço, dificultando, assim, a sua deterioração. Esta proteção ocorre devido à alta alcalinidade (pH ≥12,5) da solução dos poros que circunda a armadura (CÁNOVAS, 1988).A presença de uma quantidade suficiente de íons cloreto, por exemplo, e a diminuição da alcalinidade do concreto devido às reações de carbonatação ou mesmo devido à penetração de substâncias ácidas, pode gerar a perda de desempenho da película passiva, estando as armaduras, assim, despassivadas e susceptíveis à corrosão (ROCHA et al., 2014).

A corrosão ocasionada devido à penetração de íons cloreto no interior do concreto é de natureza eletroquímica, envolvendo uma reação anódica onde ocorre a oxidação do metal, e outra de natureza catódica, que ocorrem simultaneamente. Para que ocorra a corrosão das armaduras de aço, faz-se necessário a presença de quatro elementos: o condutor, que é a própria barra de aço, o eletrólito (água) para conduzir os íons, o oxigênio que forma os produtos de corrosão e uma diferença de potencial para formação de duas áreas distintas (a de natureza anódica e catódica). Este último fator pode ser ocasionado, de acordo com Silva (2006), por diferentes intensidades de adensamento do concreto, diferenças de aerações, de umidade ou de concentrações salinas.

Segundo Fortes (1995), o mecanismo eletroquímico da corrosão da armadura pode ser resumido da seguinte forma: na região anódica ocorre a transformação de Fe em Fe^{2+} que é transportado por meio do eletrólito para a região catódica. Enquanto isso, os elétrons livres (e^-) que possuem carga elétrica negativa passam pelo aço para o cátodo, onde combinados com água e oxigênio formam íons de hidroxila (OH^-). Estes íons migram pelo eletrólito em direção ao ânodo e em conjunto com os íons Fe^{2+} que estavam sendo atraídos pelo cátodo, formam o hidróxido ferroso, $Fe(OH)_2$, o qual apresenta cor marrom e é fracamente solúvel. Através de outra oxidação, o hidróxido ferroso é transformado em hidróxido férreo, $Fe(OH)_3$.A figura 2 apresenta a corrosão eletroquímica na presença de cloretos.

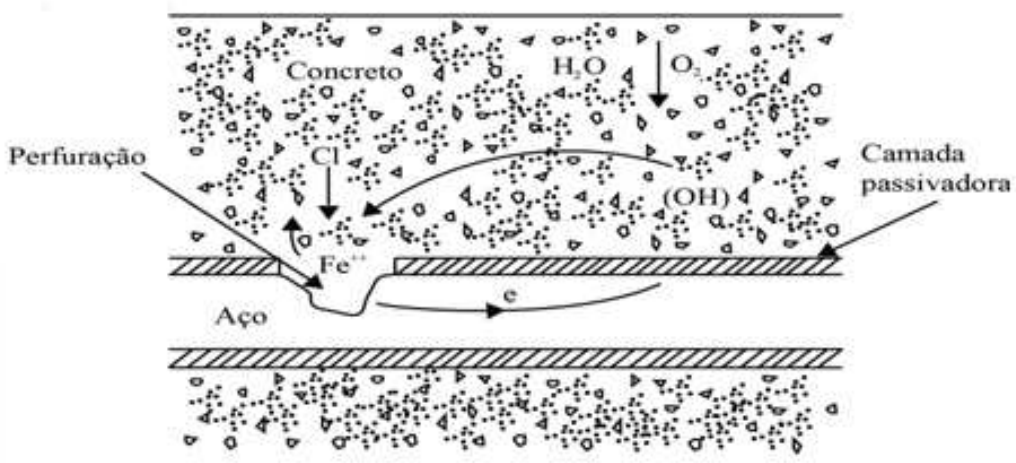

Figura 2 - Representação do processo de corrosão na presença de cloretos
Fonte: Neville, 1997.

Diferente de normas estrangeiras (ACI 3185 -05, CEB, NP EM 206-1, BS 8110:1, JCSE-SP2), a NBR 6118 (ABNT, 2014), não se reporta ao teor limite de cloretos, somente proíbe o uso de aditivos aceleradores de pega que contenham este agente agressivo em sua composição (FIGUEIREDO, 2011). A norma brasileira apresenta também medidas preventivas contra a despassivação da armadura por ação de cloretos, que consistem em dificultar o ingresso destes agentes agressivos ao interior do concreto. Pode-se citar como prevenção, o cobrimento das armaduras e o controle da fissuração que minimizam este efeito, sendo recomendado também um concreto de baixa porosidade, além de do uso de cimento composto com adição de escória ou material pozolânico.

Os íons cloreto podem ser incorporados ao concreto durante sua produção devido ao uso de agregados contaminados, aditivos contendo cloretos ou pela água

contaminada, e também, após o concreto endurecido através do ambiente em que a estrutura está exposta, não existindo ainda um consenso sobre o teor limite de íons cloreto para que não ocorra a degradação das estruturas, não sendo possível garantir que um determinado valor não acarretará na despassivação da armadura (PEREIRA e CINCOTTO, 2001; NERI et al., 2013).

2.2.1 Mecanismos de transporte de cloretos no concreto

A contaminação externa ou a movimentação interna de cloretos no concreto ocorrem quando estes estão dissolvidos em água na forma de íons, pois em formato de cristais eles apresentam dimensões superiores aos dos poros do concreto (SCHNEIDER, 2005). Os mecanismos de transporte que levam ao movimento de cloretos no concreto estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Mecanismos de transporte de íons cloreto no concreto

Mecanismo de transporte	**Definição**
Absorção	Se dá em uma camada superficial do concreto, normalmente no lugar que ocorreu molhagem e secagem do cobrimento pela ação de intempéries, ocorrendo por capilaridade e dependendo da porosidade do concreto, e da viscosidade e tensão superficial do líquido(CASCUDO,1997).Quanto menor o diâmetro dos poros capilares, maior a pressão e consequentemente maior a profundidade de penetração da água nos poros (ANDRADE, 2001).
Difusão iônica em meio aquoso	Ocorre com o movimento dos íons de um meio de elevada concentração para um que apresente uma concentração menor, podendo ser tanto do ambiente externo para o ambiente interno, quanto dentro do próprio corpo do concreto (ANDRADE, 2001; SCHNEIDER, 2005).
Permeabilidade do concreto	Quanto mais tempo houver para a hidratação dos compostos do concreto, menor a permeabilidade do mesmo (ANDRADE, 2001). Constitui-se em um fator de fundamental importância para que aconteça o transporte iônico via penetração de substâncias líquidas (CASCUDO,1997;ANDRADE, 2001).
Migração iônica	Ocorre devido à ação de campos elétricos que induzem o movimento de elementos com carga elétrica (íons), podendo acontecer através da corrente gerada na corrosão ou através de campos elétricos externos que induzem os cloretos a movimentarem-se pela rede de poros do concreto (HELENE, 1993; CASCUDO, 1997).

Fonte: autora

2.3 O processo de carbonatação nas estruturas de concreto armado

A formação e estabilidade da película passivadora na superfície da armadura depende do nível do pH na solução que a circunda, sendo que para pHs acima de 11,5 a estabilidade da película é mantida e a corrosão não se instala (FIGUEIREDO

e MEIRA, 2013). Porém, esta condição é alterada com a penetração de moléculas de dióxido de carbono no concreto, que diminuem a alcalinidade da solução dos poros, reduzindo o pH. Esta característica é atribuída principalmente à presença do hidróxido de cálcio (Ca $(OH)_2$)), de sódio (NaOH) e de potássio (KOH), dissolvidos ou precipitados no concreto endurecido. O CO_2 ao penetrar no concreto, reage com os hidróxidos, em especial com o de cálcio que se apresenta em maior quantidade. Assim, a principal reação que ocorre é a carbonatação do hidróxido de cálcio que é transformado em carbonato de cálcio (FIGUEIREDO e MEIRA, 2013). A Figura 3mostra o esquema simplificado deste mecanismo.

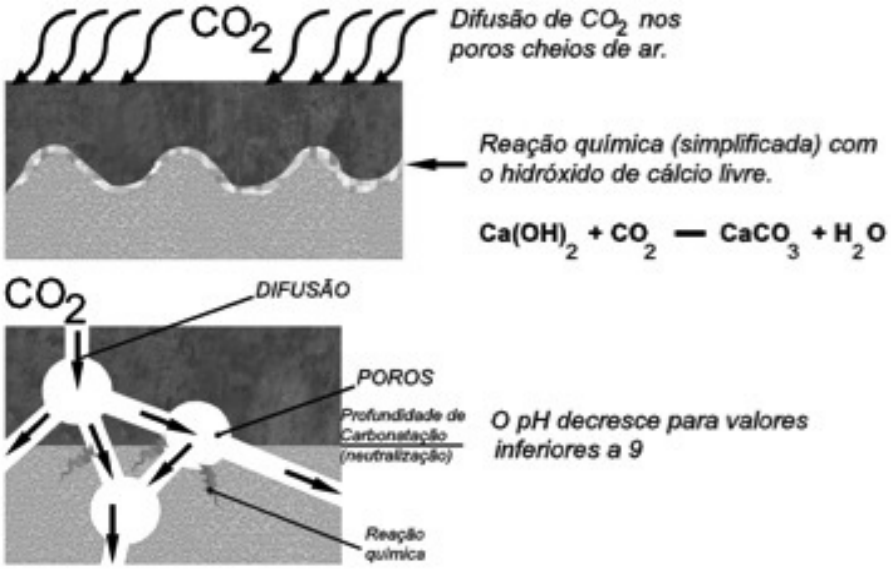

Figura 3 - Representação do processo de carbonatação
Fonte: Figueiredo e Meira, 2013.

O balanço químico das reações de carbonatação ocasiona na neutralização dos hidróxidos, com possível liberação de hidroxilas. É devido a isso que este tipo de reação reduz o pH da pasta de concreto, podendo então, despassivar as armaduras (TORRES,2006).O processo de carbonatação inicia a partir da superfície do concreto, avançando progressivamente para seu interior, acarretando em uma “frente de carbonatação”, que separa em duas zonas distintas: a carbonatada, com o pH em torno de 9 e a não carbonatada com o pH por volta de 12,5. A figura4 demonstra este avanço da carbonatação, onde no tempo t_0 o concreto se encontra com o pH alcalino e, portanto, sem zona carbonatada e já nos tempos t_1 e t_2, ocorre o ingresso do CO_2 através do concreto, reagindo com o hidróxido de cálcio presente

na matriz da pasta de cimento. Quando este processo atingir o limite da armadura do concreto (t_n) pode-se dizer que armadura se encontra despassivada e suscetível ao processo de corrosão.

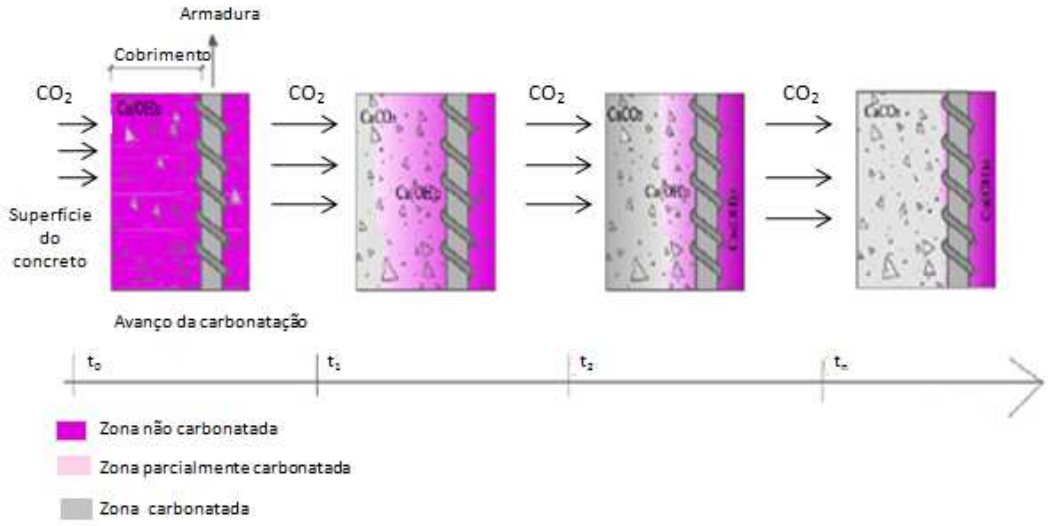

Figura 4 - Representação do avanço da frente de carbonatação no concreto ao longo do tempo
Fonte: Possan, 2010.

2.4 Fatores que influenciam no avanço da frente de cloretos e CO_2

Neste item são citados alguns fatores de grande influência no processo de carbonatação e penetração de cloretos, referentes ao concreto utilizado e também ao ambiente em que as estruturas estão expostas.

2.4.1 Características do concreto

Algumas características do concreto interferem diretamente na penetração de cloretos e CO_2, podendo ser citado o tipo de cimento utilizado, a relação água/cimento, o processo de cura, a resistividade, a resistência à compressão, e a presença de fissuras. A influência destas características no ingresso dos agentes agressivos nas estruturas de concreto está descrita na tabela 4.

Tabela 4 - Influência da característica do concreto na penetração de cloretos e CO_2

Fator	**Agente agressivo**	
	Cloretos	**Carbonatação**
Tipo de cimento	Cimentos com maiores teores de aluminato tricálcio (C_3A) e alumino ferro tetracalcio (C_4AF) apresentam uma maior capacidade de fixação de íons cloreto,devido a reação destes íons com os aluminatos, formando cloroaluminatos de cálcio e diminuindo a quantidade de cloretos livres nas soluções dos poros do concreto (CAVALCANTI FILHO, 2010);	O consumo e composição do cimento no concreto influenciam na permeabilidade e na capacidade de fixação do CO_2 através da reserva alcalina conferida ao concreto endurecido. A velocidade de carbonatação será menor quanto maior for a reserva alcalina e quanto maior for a quantidade de cimento por metro cúbico do concreto (FIGUEIREDO, 2004; BAZZAN,2014).
Relação a/c	Esta propriedade determina a qualidade do concreto, definindo as características de porosidade da pasta de cimento endurecida. É através dos poros do concreto que fluidos contaminados são transportados para seu interior. Quanto maior for a relação a/c maior será a porosidade e a permeabilidade do concreto, e por consequência maior será a possibilidade de penetração de cloretos e CO_2 (CASCUDO e CARASEK,2011).	
Condições de cura	Um processo de cura adequado impede a rápida evaporação da água de amassamento do concreto nas primeiras idades, minimizando o fenômeno da retração plástica no concreto e as fissuras decorrentes deste acontecimento, aumentando o grau de hidratação da pasta de cimento na superfície do concreto, e diminuindo sua porosidade (SARTORI,2013).As condições de cura úmida do concreto nas primeiras idades acarretam em uma progressão da hidratação do cimento, modificando a estrutura dos poros da pasta e por consequência alterando a porosidade final (CAVALCANTI FILHO, 2009)	
Resistência à compressão	Depende essencialmente da natureza dos hidratos formados e do grau com que estes ocupam os espaços disponíveis, ou seja, os poros capilares. Assim, todos os fatores que influenciam na porosidade do concreto estão diretamente ligados ao aumento da resistência (FREIRE,2005)	
Resistividade	Quanto maior a atividade iônica, menor a resistividade elétrica do eletrólito e maior a chance de ocorrer corrosão. Esta característica é influenciada pela proporção e tipo dos materiais da mistura, pela umidade relativa do ambiente em que o concreto está exposto, pelo grau de hidratação da pasta de cimento e pela presença de sais dissolvidos na fase aquosa do concreto (TORRES, 2006).	A carbonatação eleva a resistividade do concreto devido à diminuição da porosidade do concreto em função da substituição do hidróxido de cálcio pelo carbonato de cálcio que ocupa um volume maior. Assim apesar da carbonatação aumentar o risco de corrosão das armaduras, ocasiona na menor porosidade, diminuindo a permeabilidade do concreto e a mobilidade da umidade interna do mesmo (NEVILLE,1997;CHIN et al., 2002, apud HOPPE, 2005)
Fissuras	Quando uma estrutura de concreto está exposta a um agente agressivo, o ingresso deste se dá preferencialmente nas regiões do cobrimento em que se encontram fissuras, sendo por este caminho iniciada a corrosão (FIGUEIREDO, 2004). No caso de íons cloretos, criam-se pequenas regiões anódicas nointerior das fissuras do concreto e regiões catódicas maiores fora delas. A velocidade em que a corrosão se desenvolve depende então da abertura da fissura, da qualidade do concreto e da relação área catódica/anódica (TORRES, 2006).	

Fonte: autora

2.4.2 Condições e ambiente de exposição

Segundo Fortes e Andrade (2001), o concreto é um material que absorve a umidade do ambiente com muita facilidade, e em contrapartida, seca muito devagar. Este fato associado a outros fatores como temperatura, concentração de CO_2 e a forma como as estruturas de concreto estão expostas exercem influência no processo de carbonatação e penetração de cloretos e estão descritas na tabela 5.

Tabela 5 - Influência das condições e ambiente de exposição na penetração de cloretos e CO_2

Fator	**Agente agressivo**	
	Cloretos	**Carbonatação**
Umidade Relativa	Não há corrosão em concretos secos, devido à ausência de eletrólito e nem em concretos totalmente saturados por não haver suficiente acesso de oxigênio. Porém, a diminuição da umidade relativa do ar associada ao aumento da temperatura ambiente faz com que as águas salinas que penetram no concreto transportem parte dos sais à superfície deste, causando eflorescências. Em seguida com o aumento da umidade relativa e a ação da água, esses sais são novamente dissolvidos, reingressando no interior do concreto (FORTES, 1995).	Exerce influência direta na quantidade de água presente nos poros do concreto, e esta condiciona a velocidade de difusão de CO_2 (BAZZAN, 2014). O CO_2 penetrará em função da estrutura do poro e se este está ou não preenchido por água. Se os poros estiverem apenas parcialmente preenchidos com água, a carbonatação avançará até onde existir condição favorável (POLITO, 2006).
Temperatura	Um aumento da temperatura estimula uma maior mobilidade das moléculas no interior do concreto, aumentando a velocidade das reações (CASCUDO e CARASEK,2011). Para ensaios acelerados de carbonatação, temperaturas usuais não causam efeito significativo na variação da carbonatação (FIGUEIREDO,2004).	
CO_2	A armadura quando envolvida por concreto carbonatado pode sofrer corrosão como se estivesse exposta à atmosfera sem qualquer tipo de proteção, com o agravante de que a umidade perdura no interior do concreto por tempo bastante superior do que se estivesse exposta ao ar (FORTES e ANDRADE,2001). Quando o concreto começa a carbonatar parte dos cloretos que estiverem combinados passam à condição de livres, podendo atingir o limite crítico (CAVALCANTI FILHO,2005).	A concentração de CO_2 varia conforme o ambiente em que a estrutura está inserida (se em meio rural, urbano, industrial ou em laboratório), não havendo consenso sobre o percentual e nem uma metodologia em comum entre os autores (SARTORI, 2013).Quando o ambiente possui uma alta concentração de CO_2 a velocidade de carbonatação aumenta, principalmente se o concreto possuir uma elevada relação a/c (BAZZAN,2014).
Exposição a intempéries	Uma estrutura de concreto exposta a ciclos de secagem/molhagem estará submetida à absorção capilar da solução que contem cloretos, enquanto nos períodos de seca, a evaporação da água levará ao acúmulo de cloretos próximos à superfície. Já a exposição a precipitações pode lavar os cloretos das camadas superficiais do concreto (BERTOLINI, 2010)	Geralmente os concretos expostos ao ar livre e protegidos da chuva carbonatam mais rapidamente do que os concretos desprotegidos (HOUST e WITTMANN, 2002). Em estruturas expostas à incidência periódica de chuva, devido à saturação dos poros e consequentemente a dificuldade de difusão do CO_2, a frente de carbonatação é impedida de avançar (NEVILLE,1997).

Fonte: autora

Assim, devido ao exposto acima, ressalta-se a influência direta do local onde as estruturas de concreto serão expostas na penetração e avanço de agentes agressivos no interior destas. A cidade de Pelotas/RS, ambiente de exposição deste trabalho, foi objeto de estudo de Santos et al. (2012), onde um dos parâmetros analisados foi a concentração de cloretos no canal do prolongamento da avenida Bento Gonçalves da cidade. Os autores analisaram amostras de 6 pontos do local através do método de Mohr. Tiveram como resultado, que no ano de 2012, em 5 dos pontos analisados, os níveis de cloreto ultrapassaram o valor estabelecido pela resolução do CONAMA para água doce. Com o mesmo objetivo, Souza (2015) analisou dentre outros fatores, a concentração de cloretos em 22 locais desde a lagoa Mirim até próximo à desembocadura do canal São Gonçalo na Laguna dos Patos. A autora comparou o resultado com o descrito pela resolução do CONAMA, e concluiu que apesar dos valores não terem ultrapassado os limites da legislação, foram elevados em alguns pontos no período de baixa pluviosidade. Os resultados foram comparados também com os encontrados por Machado (2002), que encontrou valores bem abaixo dos máximos encontrados em seu trabalho, indicando uma significativa alteração do ambiente, que pode estar associada ao aumento dos efluentes que aportam o canal São Gonçalo.

Já visando o estudo da qualidade do ar na cidade em questão, Silva et al. (2016) realizaram um levantamento das emissões veiculares ocorridas no ano de 2012. Baseado na metodologia proposta pela Agência de Proteção Ambiental e de dados fornecidos pelo Departamento Nacional de Trânsito, os autores determinaram os poluentes emitidos por todas as categorias veiculares. Como parte dos resultados foi encontrado o CO como o poluente mais emitido, sendo o valor no ano do estudo de aproximadamente 11.497 toneladas, onde os automóveis (que totalizaram 59% da frota) foram responsáveis por 63% do total. Neste contexto, pode ser citado o estudo de Szczepaniak (2014), que possuía dentre seus objetivos, analisar a poluição atmosférica em diferentes pontos da cidade nas quatro estações do ano de 2012, sendo utilizado para isto filtros de celulose e o equipamento “DustTrak”. Com os resultados encontrados foi observado que os diferentes bairros estudados não seguiram um padrão, existindo diferenças significativas nos níveis de poluição dentro da cidade, possivelmente devido às características de cada região em relação ao tráfego de veículos ou outras atividades. A cidade de Pelotas/RS

demonstrou potencial para episódios críticos da qualidade do ar, sobretudo no período de inverno em todos os pontos estudados.

2.5 Estudos de penetração de cloretos e CO_2 em estruturas de concreto através do ensaio natural

Os ensaios ao natural ou não acelerados, de campo ou de longa duração, têm como princípio básico a exposição de amostras de concreto em ambiente de degradação natural protegido ou não de intempéries ao contrário dos ensaios em laboratório, onde não são reproduzidas as reais condições em que a estrutura está exposta (POSSAN, 2004). Neste sentido, para John e Sato (2006), a exposição de corpos-de-prova aos agentes atmosféricos é a forma de expor um mesmo material em lugares diferentes, podendo assim correlacionar intensidades de agentes de degradação que interferem no desempenho real da estrutura. Este método tem como principal vantagem a ausência de qualquer artifício no processo, com todos os fatores de degradação atuando simultaneamente na intensidade real. Por outro lado, fatores de uso e aqueles relacionados com a interação entre os diversos materiais e componentes da construção não são considerados.

Devido à importância deste método para o estudo da carbonatação e penetração de cloretos e tendo em vista que as estruturas de concreto possuem comportamentos diferentes frente a locais de exposição distintos, muitos estudos vêm sendo desenvolvidos, sendo alguns apresentados na tabela 6.

Tabela 6 - Estudos da penetração de cloretos e CO2 através do ensaio natural

Autor	Estrutura analisada	Ambiente de exposição	Agente agressivo	Método/Análise realizada	Resultados
Kondratova et al. (2003)	Lajes de concreto armado (55x230x300 mm e a/c = 0,40) sendo uma das amostras pré-fraturadas com fissuras de larguras diferentes.	1m abaixo da maré na Ilha Treat nos Estados Unidos.	CO_2	Utilização de inibidores de corrosão;inspeção visual; técnica de polarização linear para medição das taxas de corrosão.	Após 3 anos de exposição, ambos os inibidores de corrosão foram eficazes na redução da taxa de corrosão para as lajes não fraturadas, sendo relativamente ineficazes para as pré-fraturadas na área da fissura.

Figueiredo (2004)	6 edificações (com idade entre 8 e 35 anos), executadas em concreto armado aparente (f_{ck} entre 22 e 31 MPa),sendo avaliados 6 pilares em cada edificação.	Ambiente externo protegido da chuva em Brasília.	CO_2	Extração de testemunhos de cada pilar; ensaio de compressão e posterior aspersão de fenolftaleína; simulações com o método de Monte Carlo.	Avanço da carbonatação é mais lento em estruturas localizadas em ambiente externo não protegido da chuva quando comparadas a ambiente externo protegido. Neste último ambiente, estimou-se que para carbonatação atingir a armadura das estruturas analisadas somente após 50 anos seria necessário que o cobrimento destas fosse superior a 35mm.
Gomes e Sales (2004)	3 edifícios com construção iniciada na década de 90 e paralisada até o momento do estudo (4 a 8 anos)	Ribeirão Preto/SP	CO_2	Extração de testemunhos dos elementos estruturais (lajes, vigas e pilares);ensaio de compressão e posterior aspersão de fenolftaleína.	Em 49% das amostras, considerando todos os elementos estruturais analisados, a profundidade de carbonatação já havia atingido totalmente a espessura da camada de cobrimento de concreto, alcançando as armaduras. Analisando separadamente, a situação mais crítica foi encontrada para as lajes, onde 78% das amostras indicaram que a profundidade de carbonatação já havia ultrapassado a camada de cobrimento especificada no projeto de acordo com a norma vigente na época.
Lindvall (2007)	Corpos de prova de concreto com dimensões de 150x150x75mm	Ambiente laboratorial e natural (2 locais da França, Portugal, Emirados Arábes Unidos, Holanda, Dinamarca, Islândia, Austrália, Noruega, e 3 locais da Suécia)	Cloreto	Em ambiente natural, as amostras foram imersas na água do mar, sendo a temperatura analisada através de valores médios mensais obtidos em um banco de dados da temperatura da água do mar nos locais de exposição. Em laboratório, as soluções para imersão possuíam duas diferentes concentrações de NaCl (8,3g de NaCl/l, e 33g de NaCl/l), sendo utilizadas temperaturas de 7°C e 20°C.	A temperatura teve uma maior influência nas amostras expostas a condições naturais do que as trabalhadas em laboratório, sendo que em regiões mais frias o cloreto contido na superfície da amostra é elevado, mas à medida que se avança em profundidade, a concentração é considerada baixa se comparada com a concentração obtida nas regiões de clima quente

Romano (2009)	Corpos de prova de concreto	Tramandaí/ RS (50,150 e 800m do mar)	Cloreto	Extração de testemunhos dos blocos de concreto e utilização de eletrodo com sensor de temperatura para determinação da concentração iônica de cloretos.	Quanto menor a relação a/c e maior a distância do mar, menor é o teor de cloretos que ingressam na estrutura do concreto.Durante o tempo da pesquisa (8 meses), nenhum concreto apresentou teor de cloreto superior a 0,15% e que o uso de cimento CP V ARI com adição de sílica ativa proporcionou uma maior concentração superficial de cloretos, contudo um menor ingresso no seu interior.
Mota et al. (2010)	Corpos de prova cilíndricos com fck de 28MPa	Atmosfera de névoa marinha (cobertura de uma residência na praia de Porto de Galinhas/PE a 85m do mar)e ciclos de molhagem e secagem em água do mar	Cloreto e CO_2	Caracterização das condições climáticas; Extração de amostras dos cps que foram adicionadas à solução contendo ácido nítrico e nitrato de prata e para verificação da carbonatação, aspersão de fenolftaleína.	Quanto à carbonatação, verificou-se um índice de alcalinidade extremamente tênue. Já para cloretos, as amostras ensaiadas através dos ciclos de imersão e secagem tiveram um elevado teor até a profundidade de 2,5cm. Já para as amostras degradadas naturalmente, não foi verificada em nenhuma profundidade estudada teores de cloretos consideráveis.
López et al (2012)	Amostras cilíndricas de concreto (a/c de 0,6 e 0,46)	Atmosfera natural (Campeche/México), e laboratorial (imersão total e ciclos de molhagem e secagem em água do mar	Cloreto	Os perfis de concentração de cloreto obtidos através da técnica de espectroscopia de impedância eletroquímica e de acordo com a segunda lei de Fick (após 90 e 365 dias)	Concentração de cloreto não correspondente ao limite crítico de 0,4% em relação ao peso do cimento. O ensaio natural não obteve valores relevantes em comparação com o ensaio de imersão e secagem, sendo o coeficiente de difusão mais elevado nas amostras em condições de imersão.
Borba Júnior (2011)	Corpos de prova prismáticos com 3 relações a/c (0,65,0,55 e 0,45) e cimento CPIII40	Região metropolitana de Vitória/ES (10,65,120,240 e 520m do mar)	Cloreto	Medições das condições climáticas; ensaio de vela úmida (em todas as distâncias) e exposição dos cps (3 últimas distâncias); extração de amostras (após 6 e 10 meses); teor de cloretos determinado pelo método titulação potenciométrica.	Foi observado um crescimento da deposição de cloretos com o aumento da velocidade dos ventos, principalmente para ventos maiores de 3m/s. A concentração de cloreto apresentou duas zonas distintas no concreto: zona de pele (concentração de cloretos diminui com maior relação a/c devido à maior interação desses concretos com o meio) e a zona interna (onde a concentração diminui conforme se penetra no interior do concreto).

Madrid et al. (2014)	Corpos de prova cilíndricos (7,5cmx15cm) com 4 relações a/c (0,50,0,53,0,70 e 0,76) e 3 períodos de cura (1,3 e 7 dias)	Cidade de Progresso/ México (50,100 e 780m da orla)	Cloreto	Medição de potencial de corrosão e resistência de polarização linear	Como danos da corrosão, surgiram fissuras superficiais, sendo observado que é mais longo o período de iniciação da corrosão quanto maior for a distância do litoral. Em relação a abertura da fissura, foi observado uma atenuação nas amostras mais perto mar do que em relação as amostras a 780m. Além disso, foi observadatambém uma relação exponencial entre o tempo de despassivação e a relação a/c.
Moreno et al. (2014)	Estruturas de concretos de residências	Costa norte e leste do Golfo do México	Cloreto e CO_2	Análise da carbonatação realizada através da redução do pH com indicador de base ácida. Para avaliação de cloretos, foram coletados pó do concreto em cinco diferentes profundidades (de 0 a 5cm) e técnicas eletroquímicas foram utilizadas, conforme ASTM C-1152	As casas construídas na costa norte da península estão mais expostas à precipitação do que aquelas construídas da costa leste, podendo resultar em maiores taxas de carbonatação e deposição de cloreto na superfície. Porém, os resultados em geral, demonstraram que a infra-estrutura habitacional da região estudada como um todo é continuamente afetado pela corrosão, sendo encontrados danos em estruturas com menos de 30 anos de construção devido à qualidade do material empregado não ser suficiente para garantir a vida útil esperada.
Balestraet al. (2017)	3 diferentes pontos de um viaduto construído na década de 50 (junto a zona de variação de maré, pilar central na zona de respingos, face voltada para o mar na zona de atmosfera marinha).	Guarujá/SP	Cloreto	Coleta de material e espectroscopia e fluorescências de raios-x	Concentração de cloretos em relação à massa de cimento de 3,143% para o primeiro ponto; 2,318% para o segundo e 0,646% para o terceiro, sendo então a zona mais agressiva sob a perspectiva de corrosão das armaduras, a zona de variação de maré.

Fonte: autora

2.6 Modelos de previsão de vida útil

Inúmeros modelos de previsão de vida útil que descrevem ou estimam o processo de degradação das estruturas de concreto ao longo do tempo vêm sendo desenvolvidos, possibilitando avanços consideráveis no entendimento do comportamento destas estruturas. Com relação ao emprego destes modelos, segundo Possan (2010), é sugerida para as estruturas existentes, uma avaliação das condições de segurança utilizando os modelos de previsão, como forma de planejamento das intervenções de manutenção e reparo. Já para as estruturas novas, é aconselhável o uso dos modelos de previsão ainda na fase de projeto, o que oferece subsídios para construção de uma estrutura capaz de garantir a vida útil de serviço especificada no projeto. Neste trabalho serão apresentados modelos de previsão somente para o período de iniciação, correspondente ao tempo que os íons cloretos e o CO_2 levam para alcançar a armadura.

2.6.1 Modelos para estimativa da penetração de íons cloreto

Segundo Andrade (2001), a previsão de vida útil das estruturas frente à penetração de cloretos geralmente é realizada através da medição dos teores destes íons a determinadas profundidades no elemento estrutural em um determinado tempo. Grande parte dos modelos de previsão de ingresso de íons cloretos é baseada na Segunda Lei de Fick, como os modelos de Ujiet al. (1990), Yamamoto et al. (1995), Bob(1996), Anacta (2009) dentre outros. A tabela 7 apresenta alguns dos modelos existentes na literatura para análise de estruturas de concreto frente à penetração de cloretos.

Tabela 7 - Modelos matemáticos para estimativa da profundidade de cloretos em estruturas de concreto

Modelo	**Equação**	**Variáveis**

Clear e Hay (1973)	$t = \frac{2{,}5^{\sqrt[0{,}82]{e}}}{a/c(\sqrt[2{,}38]{C_{Cl^-}})}$	t = tempo;
		e = espessura do cobrimento (mm);
		a/c = relação a/c do concreto (kg/kg);
		C_{cl} = concentração de cloretos no meio ambiente (%)

Midgley et al. (1984)	$D_{Cl} = -\frac{1}{2t}\frac{dx}{dc}\int_0^{c_1} x dC$	D_{Cl} = coeficiente de difusão de cloretos na concentração máxima (m²/s); x = distância a partir da origem (m); C = concentração de cloretos (%); C_1 = concentração de cloretos na distância x (%); t = tempo (s)

Uji et al. (1990)	Concentração superficial linear com o tempo (Φ(t)=kt)
	$C\,(x,t) = k\sqrt{t}\left[\left(1+\frac{x^2}{2Dt}\right)\mathrm{erf}\left(\frac{x}{2\sqrt{Dt}}\right) - \frac{x}{\sqrt{\pi Dt}}e^{\frac{x^2}{4Dt}}\right]$
	Concentração superficial linear com o tempo (Φ(t)=$kt^{1/2}$)
	$C\,(x,t) = k\sqrt{t}\left[\left(1+\frac{x^2}{2Dt}\right)\mathrm{erf}\left(\frac{x}{2\sqrt{Dt}}\right) - \frac{x}{\sqrt{\pi Dt}}e^{\frac{x^2}{4Dt}}\right]$
		C (x,t) = concentração de cloretos na profundidade x a partir da superfície do concreto em um dado tempo t (%);
		k = concentração superficial inicial de cloretos (%);
		x = profundidade (cm);
		t = tempo (anos);
		erf = função de erro de Gauss

Mangat et al. (1994)	$C\,(x,t) = C_S\left[1 - erf\left(\frac{x}{2\sqrt{\frac{D_i}{1-m}t^{1-m}}}\right)\right]$
	$m = 2{,}5(a/c) - 0{,}6$
		C (x,t) = concentração de cloretos na profundidade x a partir da superfície do concreto em um dado tempo t (%);
		CS = concentração superficial de cloretos (admitida como sendo constante)(%);
		x = profundidade (cm);
		Di = coeficiente de difusão inicial de cloretos (cm²/ano);
		m = coeficiente empírico (adimensional);
		t = tempo (anos);
		erf = função de erro de Gauss

Yamamoto et al. (1995)	$T_0 = \frac{1}{D}\left[\frac{L}{2erf^{-1}\left(1-\frac{C_{cr}}{C_S}\right)}\right]^2$	L = espessura do cobrimento; erf^{-1} = inverso da função de erro de Gauss; Ccr = máxima concentração de cloretos no concreto em relação à massa de cimento

Bob (1996)	$x_m = 150\left(\frac{ck_1k_2d}{f_c}\right)\sqrt{t}$	x_m = profundidade média de penetração de cloretos (mm); f_c = resistência à compressão do concreto (N/mm²); c = capacidade de fixação dos cloretos em função do tipo de cimento; k^1 = coeficiente de influência da temperatura; k_2 = coeficiente de influência da umidade relativa; d = relação entre a concentração crítica e a concentração superficial de cloretos na estrutura.
Mejlbro (1996)	$C_S(t) = C_i + S[(t - t_{ex})D_a]^p$ $D_a = D_{aex}\left(\frac{t_{ex}}{t}\right)^{\alpha}$ onde, $D_{aex} = 50000^{\sqrt{\frac{10}{a/c}}}$ e$\alpha = 3(0{,}55 - $a/c)	$C_s(t)$ = concentração de cloretos na superfície do concreto (%); C_i = concentração inicial de cloretos no interior do concreto (%); t = tempo de exposição (anos); t_{ex} = tempo desde a primeira exposição da estrutura aos cloretos (anos); D_a = coeficiente de difusão (cm²/ano); S e p = constantes que dependem de ajustes experimentais; D_{aex} = coeficiente de difusão de cloretos no tempo t_{ex} (cm²/ano); A = parâmetro que depende das características do concreto
Babaei (1996) apud Silva (1998)	$t = \frac{0{,}39e}{Cl_{cc} - 0{,}04}$	t = tempo ou vida útil em anos; e = espessura do cobrimento do concreto à armadura em mm; Cl_{cc} = teor de cloretos no concreto da camada superficial do componente em % em massa em relação ao cimento

EnrighteFrangopol(1998)	$t = \frac{x^2}{4Di}\left[erf^{-1}\left(\frac{C_S - C_{Cr}}{C_S}\right)\right]^{-2}$	C_{cr} = concentração crítica de cloretos nas proximidades da armadura (%); C_s = concentração de cloretos (constante) na superfície de concreto (%); x = espessura de cobrimento (cm); t = tempo de exposição (anos); D = coeficiente de difusão de cloretos (constante)(cm²/ano); erf = função complementar de erro de Gauss
Andrade (2001)	$y_{0,4\%} = 7{,}35\frac{UR^{0,7}T^{0,1}Cl^{0,7}}{k_1 f_{ck} k_2 (1+Ad)^{0,2}}\sqrt{t}$	$y_{0,4\%}$ = posição da concentração crítica de cloretos (Ccr = 0,4%) a partir da superfície do concreto (mm); UR = umidade ambiental (%); T = temperatura ambiental (ºC); Cl = concentração superficial de cloretos (%) k_1 = fator que varia em função do tipo de cimento; f_{ck} = resistência à compressão (MPa); k_2 = fator que leva em consideração o tipo de adição empregada no concreto; Ad = quantidade de adição empregada no concreto; t = tempo (anos)
Poulsen – Mejlbro (2006)	$t_{ic} = t_{ex}\left[\frac{0{,}5c}{(\sqrt{t_{ex}D_{aex}}).\, inv\Delta_p(y_{cr})}\right]^{\frac{2}{1-\alpha}}$	D_{aex} = coeficiente de difusão de cloretos no tempo t_{ex}; Δ_p = parâmetro que envolve a função de Mejlbro Ψ_p; y_{cr} = parâmetro que envolve características do concreto e concentrações de cloretos; α = parâmetro que depende das características do concreto.

Anacta (2009)	$t_{ic} = \frac{f_s}{D_c}\left(\frac{x_c}{2S}\right)^2$ onde, $D_c = D_{c,rmt}.f_1(t).f_2(T).f_3(RH).f_4(R)$ $f_1(t) = k\left(\frac{t_{ref}}{t}\right)^n$ $f_2(T) = \exp\left[\frac{E}{G}\left(\frac{1}{T_{ref}} - \frac{1}{T}\right)\right]$ $f_3(RH) = 1 + \frac{(1-RH)^4}{\left(1-RH_{ref}\right)^4}$ $f_4(R) = 1 - \left(\frac{R}{5000}\right)^{1,5}$	fs = fator de reforço; D_c = coeficiente de difusão; xc = espessura de cobrimento do concreto; S = fator de forma; $D_{c,mt}$ = coeficiente de difusão de referência do cloreto, medida por ensaio de migração rápida; $f_1(t)$ = fator que representa a influência da duração de exposição; $f_2(T)$ = fator que representa a influência da temperatura; $f_3(RH)$ = fator que representa a influência da umidade relativa; $f_4(R)$ = fator que representa a influência da intensidade da chuva; n = expoente empírico que depende das propriedades do material; k = parâmetro que depende das propriedades do material; tref = período em que Dref foi calculado; E = energia de ativação de difusão; G = constante universal dos gases; T_{ref} = temperatura de referência no momento da determinação de Dc,mt (296K); RH_{ref} = umidade relativa de referência no concreto, igual a 75%; T = temperatura atual absoluta (K); RH = umidade relativa (%); R = intensidade da chuva (mm)

Fonte: autora

2.6.2 Modelos para estimativa da carbonatação

Um dos modelos mais empregado para previsão da durabilidade destas estruturas devido a simplicidade, é denominado modelo da raiz quadrada do tempo, sendo uma simplificação da Primeira Lei de Fick e apresentada na equação 1. Este modelo, segundo Helene (1997b), também pode ser utilizado para estimativa da profundidade de cloretos, porém tem grande utilização para previsão da profundidade de carbonatação, sendo base para criação de outros modelos.

$$x = k\sqrt{t} \quad (1)$$

Onde:

x = profundidade de carbonatação (cm);

k = coeficiente de carbonatação (cm²/ano);

t = tempo (anos).

Muitos modelos de previsão de vida útil das estruturas de concreto são baseados nesta teoria (SMOLCZYK, 1969; VESIKARI, 1988; BOB e BOB, 1991; HELENE, 1997; EHE, 2008), tendo como diferença os parâmetros tanto do concreto como do ambiente em que ele está inserido, levados em consideração para o cálculo do coeficiente de carbonatação. Alguns dos modelos matemáticos desenvolvidos estão apresentados na tabela 8.

Tabela 8 - Modelos matemáticos para estimativa da profundidade de carbonatação em estruturas de concreto

Modelo	**Equação**	**Variáveis**
Hamada (1969)	$e_c = \frac{R}{\sqrt{k}}\sqrt{t}$, onde $k = \frac{0{,}30(1{,}15+3^{a}/_{c})}{(^{a}/_{c}-0{,}25)^2}$ e $R = r_c . r_a . r_s$	e_c = espessura carbonatada; t = tempo de exposição (anos); k = coeficiente de carbonatação em função de a/c; a/c = relação água/cimento; R = coeficiente em função do tipo de cimento, tipo de agregado e aditivo.
Smolczyk (1969)	$e_c = k\sqrt[n]{t - t_0}$	e_c = profundidade de carbonatação; k = coeficiente de carbonatação (mm/ano^{0,5}); t = tempo de exposição (anos); t_0 = idade inicial da estrutura (anos); n = parâmetro que depende do tipo de cimento
Schiessl (1976)	$e_c = \left(\frac{2D(c_1 - c_2)}{a}\right)\sqrt{t}$	e_c= espessura carbonatada; D = coeficiente de difusão efetiva do CO_2 (m³/s); a = volume de material alcalino no concreto; $c_1 - c_2$ = diferença de concentração de CO_2 entre a superfície e a frente de carbonatação (kg/m³)
Smolczyk (1976)	$e_c = a\left(\frac{1}{\sqrt{f_c}} - \frac{1}{f_{clim}}\right)\sqrt{t}$	e_c = espessura carbonatada; a = velocidade de carbonatação; fc = resistência à compressão do concreto (kgf/cm²); f_{clim} = valor limite da resistência à compressão do concreto que pode ser carbonatada (kgf/cm²); t = tempo de exposição (semanas); a = 220 e f_{clim} = 920 (ambientes internos) e a = 250 e f_{clim} = 625 (ambientes externos)
Ho e Lewis (1987)	$e_c = e_0 + k\sqrt{t}$	e_0= profundidade de carbonatação inicial (mm); k = coeficiente de carbonatação (mm/ano^{0,5}); t = tempo de exposição (anos);
Vesikari (1988)	$e_c = [26\,(^{a}/_{c} - 0{,}3)^2 + 1{,}6]\sqrt{t}$	e_c = profundidade de carbonatação (mm); k = coeficiente de carbonatação (mm/ano^{0,5}) – ambiente externo deve ser multiplicado por 4; a/c = relação água/cimento (0,45< a/c < 0,75);

Morinaga (1990)	Para w ≤ 0,6 $x_c = \left(\frac{C}{5}\right)^{1/2} . 2{,}44R(1{,}391 - 0{,}174HR + 0{,}0217T)(4{,}6W - 1{,}76)\sqrt{t}$ Para w > 0,6 $x_c = \left(\frac{C}{5}\right)^{1/2} 2{,}44R(1{,}391 - 0{,}174HR + 0{,}0217T)\left[4{,}9.\frac{W - 0{,}25}{(1{,}15 + 3W)^{1/2}}\right]\sqrt{t}$	x_c = profundidade de carbonatação (mm); W = relação água/cimento; C = concentração de CO2 na atmosfera (%); HR = umidade relativa (%); T = Temperatura ambiental (ºC); t = tempo (dias); R = parâmetro para considerar o tipo de revestimento na velocidade de carbonatação
Bob e Bob (1991)	$e_c = 150\left(\frac{c.k.d}{f_c}\right)\sqrt{t}$	e_c = profundidade de carbonatação média (m); f_c= resistência à compressão do concreto (MPa); c = coeficiente do tipo de cimento; k = coeficiente da umidade relativa (condições ambientais); d = coeficiente referente à quantidade de CO_2; t = tempo (anos)
Parrot (1994)	$e_c = 64\frac{k^{0,4}t^n}{c^{0,5}}$ onde $n = 0{,}02536 + o,0178UR - 0{,}0001623UR^2$	e_c = profundidade de carbonatação (m); k = permeabilidade do oxigênio no concreto para uma umidade relativa de 60% (m²/s); c = concentração de CaO no concreto (mol/Kg); n = coeficiente em função da umidade relativa; t = tempo (anos)
Helene (1997b)	$x = k\sqrt{t}$, onde $k_{CO_2} = (6{,}7882 - 0{,}1131f_{ck})\frac{\sqrt{C_s}}{\sqrt{0{,}1}}$	k_{CO2} = coeficiente de carbonatação (mm/ano1/2); f_{ck} = resistência característica do concreto (MPa); C_S = concentraçãono ambiente de CO_2 (%)
Duracrete (1999)	$e_c = \sqrt{\frac{2k_e k_c D_{eff}\Delta c}{a}}\sqrt{t}\left(\frac{t_0}{t}\right)^w$	e_c= profundidade de carbonatação (m); D_{eff} = coeficiente de difusão efetivo do CO_2 no período de referência t0 (m²/s); a = quantidade de CO_2 para a completa carbonatação (Kg/m³); Δc = diferença de concentração de CO_2 entre o ambiente e a frente de carbonatação (mol/m³); K_e = parâmetro referente às condições climáticas; k_c = parâmetro referente às condições de cura do concreto; w = quantidade de água contida no concreto (Kg/m³); t_0 = período de referência (1 ano); t = tempo

Jiang et al. (2000)	$e_c = 839(1 - UR)^{1,1}\sqrt{\frac{\frac{W}{r_c C} - 0{,}34}{r_{hd} r_c C}}\, C_0\sqrt{t}$	UR = umidade relativa; W = quantidade de água (Kg/m³); C = consumo de cimento (Kg/m³); C_0 = concentração de CO2 (%); r_c = coeficiente que depende do tipo de cimento; r_{hd} = coeficiente do grau de hidratação
EHE (2008)	$e_c = C_{amb.} C_{ar}.\, a.\, f_{cm}^{b}.\sqrt{t}$, onde $f_{cm}^{b} = f_{ck} + 8$	f_{cm} = resistência média à compressão em MPa que pode ser estimada a partir da resistência especificada (f_{ck}). C_{amb} = coeficiente do ambiente; C_{ar} = coeficiente do ar incorporado; a,b = parâmetros em função do tipo de aglomerante
Possan (2010)	$y = k_c \left(\frac{20}{f_c}\right)^{k_{fc}} . \left(\frac{t}{20}\right)^{1/2} . \exp\left[\left(\frac{k_{ad}.\, ad^{3/2}}{40 + f_c}\right) + \left(\frac{k_{co_2}.\, CO_2{}^{1/2}}{60 + f_c}\right) - \left(\frac{k_{UR}(UR - 0{,}58)^2}{100 + f_c}\right)\right] k_{ce}$	y = profundidade de carbonatação média do concreto (mm); f_c = resistência característica à compressão axial do concreto (MPa); k_c = fator variável referente ao tipo de cimento empregado; k_{fc} = fator variável referente à resistência à compressão axial do concreto, em função do tipo de cimento utilizado; t = idade do concreto (anos); ad = teor de adição pozolânica no concreto, em % em relação à massa de cimento; k_{ad} = fator variável referente às adições pozolânicas do concreto – sílica ativa, metacaulim e cinza de casca de arroz – em função do tipo de cimento utilizado; UR = umidade relativa média (%*0,01); k_{UR} = fator variável referente à umidade relativa, em função do tipo de cimento utilizado; CO_2 = teor de CO_2 da atmosfera (%); k_{CO2} = fator variável referente ao teor de CO2 ambiente, em função do tipo de cimento utilizado; k_{ce} = fator variável referente à exposição à chuva, em função das condições de exposição da estrutura.

Fonte: autora

2.6.3 Estudos com modelos de previsão de vida útil de estruturas de concreto

A seguir serão apresentados alguns trabalhos que exemplificam a utilização de modelos como forma de analisar a penetração de cloretos e CO_2.

Através da análise de uma estrutura real e de modelos de previsão de vida útil, Carmona (2005) desenvolveu um sistema operacional para a previsão do período de iniciação por métodos deterministas e probabilistas. Foram realizadas simulações empregando modelos de Papadakis (1989), CEB (1996) e Helene (1997b) para um cenário compatível com o resultado encontrado no estudo do subsolo de um edifício residencial na zona central da cidade de São Paulo. O autor obteve medidas de profundidade de carbonatação, cobrimentos de armaduras, concentração de CO_2 e umidade relativa e após realizou análise de variância dos resultados, onde foi possível notar que a profundidade de carbonatação no meio dos pilares é maior que na base e no topo, não havendo diferença significativa entre estes últimos. Já nas vigas, a maior profundidade foi encontrada nos vãos com diferença estatisticamente comprovada com relação aos apoios. Quanto aos modelos de previsão, o autor concluiu que o resultado encontrado pelo modelo de Helene (1997b) foi o que mais se aproximou da média de 3,3cm encontrados no ensaio natural e, portanto, utilizado para o desenvolvimento do sistema computacional.

Alves (2007) utilizou o modelo de Clear e Hay (1973) para determinação da vida útil de estruturas situadas desde a orla até os tabuleiros da cidade de Maceió/Al. Para tanto, determinou o teor de cloretos inorgânicos existentes na atmosfera e depositados sobre as superfícies, através do método da vela úmida. A análise das amostras foi realizada após 30 dias de exposição, pelo método volumétrico de Mohr. Após, foi projetada a vida útil de diferentes elementos estruturais de concreto (vigas, pilares e lajes) para os pontos analisados e considerando as quatro classes de agressividade ambiental determinada pela NBR 6118 (2003). Foi observado para pilares e vigas um ganho de vida útil significativo na medida em que foi utilizada uma classe de agressividade ambiental maior, sendo de I para II, de II para III e de III para IV o ganho de vida útil de 35%,55% e 60%, respectivamente. Já para as lajes o ganho encontrado foi de 42%,64% e 66% para as respectivas mudanças de classe: de I para II, de II para III e de III para IV. Além

disso, maior espessura de cobrimento e menor fator a/c também aumentaram a perspectiva de vida útil para as estruturas.

Em seu trabalho, Medeiros Júnior (2011) analisou a influência das mudanças climáticas na penetração de íons cloreto em estruturas de concreto localizadas em ambiente marinho, selecionando dados de temperatura e umidade relativa do ar para três distintos cenários ambientais (condições ambientais antigas, atuais e projeções para o ano de 2100). A análise foi realizada através de modelos de vida útil de estruturas de Saettaet al.(1993), Bob (1996), Amey et al.(1998), Andrade (2001), Anacta (2009) e Mazer (2009). Dentre os resultados obtidos, o autor verificou que considerando um tempo de vida útil de projeto inicial igual a 50 anos, em um período de aproximadamente 25 anos as mudanças climáticas foram responsáveis pela redução em 1,75 anos no tempo de vida útil de projeto. Já para um período de 100 anos, também assumindo um tempo de projeto inicial de 50 anos e considerando projeções futuras esperadas em variáveis climáticas, essa redução foi em média de 13 anos. Concluiu que principalmente em longo prazo as alterações climáticas podem contribuir significativamente para a penetração de cloretos no concreto e consequentemente para a degradação das estruturas.

Sabino (2014) mediu e avaliou a frente de carbonatação em estruturas de concreto armado em 3diferentes garagens de Brasília, sendo a estimativa de vida útil destas, realizada através do modelo de Tuutti (1982). Os locais escolhidos possuíam diferentes características como ventilação, umidade relativa, presença de revestimento nas estruturas, e idade variando entre 5 e 31 anos. Para a realização dos ensaios foram escolhidos 3 pilares em cada uma das garagens onde foi realizado um furo para rompimento do concreto de cobrimento e posterior limpeza para aspersão de fenolftaleína, onde as medidas de carbonatação foram realizadas com o auxílio de um paquímetro digital. A maior profundidade de carbonatação foi encontrada no prédio mais novo, onde a garagem é totalmente enterrada, com pouca circulação de ar e um maior teor de CO_2. Foi observada também a influência do revestimento dos pilares que apesar de impedirem algumas das medições, dificultaram a difusão de CO_2 através do concreto. A previsão de vida útil foi feita somente para garagem onde não possuía revestimento argamassado, sendo esta a edificação mais nova. Para os pilares com cobrimento de 35mm, a vida útil encontrada foi de 87 e 122 anos, sendo a profundidade de carbonatação no ano do estudo de 8,4 e 7,1mm respectivamente. Já para o pilar que possuía cobrimento de

55mm e que apresentou profundidade carbonatada de 6,2mm a vida útil chegaria a quase 400 anos.

Silva e Guimarães (2014) analisaram perfis de cloreto em amostras extraídas de tetrápodes aos 5 anos e 9,5 anos e de quatro microambientes do molhe leste no complexo portuário da cidade de Rio Grande/RS. As amostras foram obtidas com furadeira especial e o material foi extraído em camadas de 5mm desde a superfície externa até a profundidade de 50mm, sendo que os materiais da mesma camada de dois tetrápodes constituíram uma amostra, representando o teor médio de cloreto para cada microambiente. Baseado no modelo de Crank (1975), os autores desenvolveram perfis de cloretos para cada idade, sendo estimado com o perfil de 5 anos valores para 9,5 anos e vice-versa, sendo comparados os resultados reais com os obtidos pelos modelos. Os autores concluíram que para aplicação do modelo, os perfis de 5 anos são de pouca idade para utilização como estimativa de vida útil residual de uma estrutura, diferente dos perfis de 9,5 anos, onde foi observado uma melhor definição das curvas. Além disso, o ambiente pesquisado demonstrou grande agressividade, atingindo percentuais elevados de cloreto, e caso o concreto fosse armado já teria ocorrido a despassivação do aço.

O modelo de Tuutti (1982) para previsão da profundidade de carbonatação foi utilizado por Raisdorferet al. (2015) como forma de analisar dois viadutos com idade de 38 anos e construídos em Curitiba/PR. Os autores também utilizaram o modelo proposto por Andrade (2004) para determinação da propagação da corrosão nas estruturas analisadas. Foram realizadas leituras do cobrimento das armaduras e profundidade carbonatada com aspersão de fenolftaleína, sendo os valores encontrados variando entre 15,6 e 19,3mm. A estimativa para despassivação das armaduras foi de 74,95 a 111,09 anos, possuindo o agravante que os valores para cobrimento não foram respeitados em alguns pontos da estrutura, podendo haver situações mais críticas. Quanto à perda de seção, foram encontrados para a propagação da corrosão tempos de 6,97 a 28,65 anos, sendo o valor mais crítico encontrado em um pilar que apresentava muitas fissuras.

3 Metodologia

Este capítulo apresenta a metodologia utilizada neste trabalho de acordo com a figura 5.

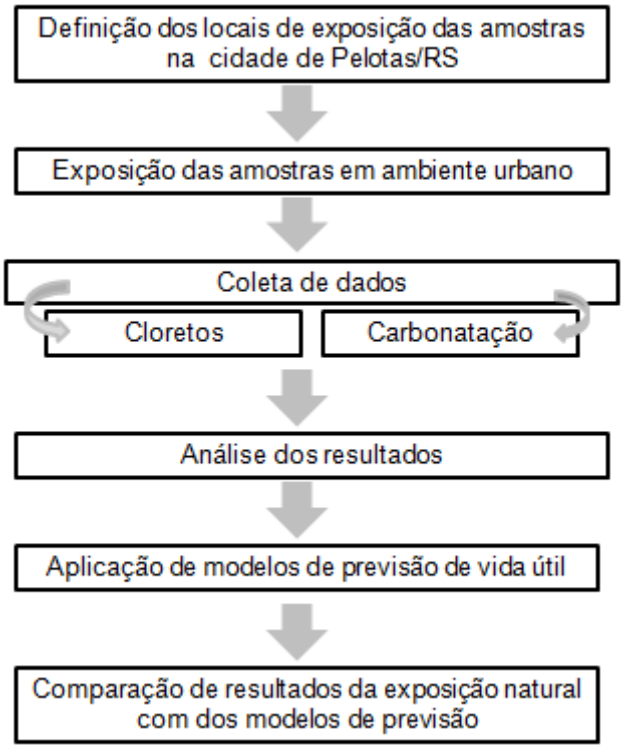

Figura 5 - Metodologia da pesquisa.

Fonte: autora.

3.1 Ensaio natural

O programa experimental tem como primeira etapa o desenvolvimento do ensaio natural, com o intuito de avaliar o comportamento do concreto frente à penetração de íons cloreto e CO_2, através da real interação da estrutura com o meio em que está exposta. Para desenvolvimento desta parte do experimento foi necessário:

1) Definição dos locais de exposição;
2) Moldagem dos corpos de prova de concreto;
3) Definição do cronograma de coleta de amostras;

4) Ensaio de resistência à compressão;
5) Execução da medição de penetração de cloretos e carbonatação;
6) Caracterização climática da cidade de Pelotas/RS

3.1.1 Definição dos locais de exposição

Foram escolhidos diferentes locais de exposição na cidade de Pelotas/RS com o intuito de verificar se o concreto teria comportamento diferente frente à penetração de cloretos e CO_2. Assim, com o auxílio da equipe de estudos urbanos da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Pelotas foram determinados pontos estratégicos da cidade, por serem estes de maior circulação de veículos e também de maior concentração de moradias.

A escolha dos locais que representam cada região foi influenciada pela facilidade de acesso, além de disponibilidade de espaço físico devido ao grande número de corpos-de-prova que seriam colocados em cada local.

Setenta e dois corpos-de-prova foram divididos em seis diferentes locais da cidade, sendo estes: bairro centro, bairro Porto, bairro Fragata, bairro Três Vendas e bairro Laranjal. No bairro Laranjal as amostras foram furtadas, impossibilitando a continuação do estudo após os primeiros quatro meses de exposição. Dessa maneira, a figura 6 mostra o mapeamento dos cinco locais da cidade que foram efetivamente analisados.

Figura 6 - Mapeamento da localização dos corpos-de-prova na cidade de Pelotas/RS.
Fonte: Google earth, adaptado pela autora.

3.1.1.1 Bairro Centro

Para este bairro da cidade, foi escolhido como local de exposição o Hotel Curi localizado na principal rua do bairro, sendo uma área altamente povoada e de intenso tráfego. Os corpos-de-prova foram expostos na marquise localizada na parte leste da edificação. A figura 6 apresenta a localização do Hotel Curi, enquanto a figura 7 ilustra o local de exposição das amostras.

Figura 6 - Localização do ambiente de exposição das amostras no bairro Centro.
Fonte: Google earth, adaptado pela autora

Figura 7 - Local de exposição das amostras no bairro Centro.
Fonte: autora.

3.1.1.2 Bairro Três Vendas

Este bairro localiza-se na zona norte da cidade e devido à sua extensão, foram escolhidos dois locais para a exposição dos corpos-de-prova, sendo estes: a Empresa São Marcos (denominada neste trabalho, como Bairro Três Vendas 1) e o Restaurante Santa Justina (Bairro Três Vendas 2).

O ponto Três Vendas 1 (Figuras 9 e 10) encontra-se mais afastado da área central do bairro, porém, na rua onde é localizada passa todo o tráfego de escoamento das olarias da cidade. Neste local os corpos-de-prova foram colocados na cobertura, entre as fachadas de posição sudeste e nordeste.

Figura 8 - Localização do primeiro ambiente de exposição das amostras no bairro Três Vendas.
Fonte: Google earth, adaptado pela autora

Figura 9 - Primeiro local de exposição das amostras no bairro Três Vendas.
Fonte: autora.

Já o ponto Três Vendas 2, está situado na parte mais central do bairro onde ocorre o encontro de duas das principais avenidas, possuindo intenso tráfego a sua volta. Neste local, os corpos-de-prova foram expostos na sacada localizada na

fachada leste da edificação. As figuras 11 e 12 ilustram o local em que os corpos-de-prova foram expostos.

Figura 10 - Localização do segundo ambiente de exposição das amostras no bairro Três Vendas.
Fonte: Google earth, adaptado pela autora

Figura 11 - Segundo local de exposição das amostras no bairro Três Vendas.
Fonte: autora.

3.1.1.3 Bairro Porto

Para este bairro, localizado na zona sul da cidade, foi escolhido como local de exposição o Campus Porto da Universidade Federal de Pelotas, localizado na beira

do Canal São Gonçalo. Os corpos-de-prova foram expostos em uma estrutura de concreto localizada no lado sul do terreno, conforme demonstram as figuras 13 e 14.

Figura 12 - Localização do ambiente de exposição das amostras no bairro Porto.
Fonte: Google earth, adaptado pela autora.

Figura 13 - Local de exposição das amostras do bairro Porto.
Fonte: autora.

3.1.1.4 Bairro Fragata

Localizado na zona oeste, é um dos maiores e mais populosos bairros da cidade. Apesar de sua extensão, foi escolhido somente um local para análise, devido

ser de fácil acesso. Os corpos de prova foram expostos na fachada nordeste do Terminal Rodoviário. O local de exposição dos cps está demonstrado pelas figuras 15 e 16.

Figura 14 - Localização do ambiente de exposição das amostras no bairro Fragata.
Fonte: Google earth, adaptado pela autora.

Figura 15 - Local de exposição das amostras no bairro Fragata.
Fonte: autora.

3.1.2Moldagem dos corpos de prova de concreto

Para a realização deste trabalho foram utilizados 72 corpos-de-prova cilíndricos (10 x 20 cm) de concreto, devido a este ser o número de amostras

fornecidas por uma construtora local. Esta forma de obtenção dos corpos-de-prova foi com o intuito de simular um concreto real utilizado na cidade, para que as amostras tivessem um padrão e também para redução de custo desta pesquisa.Os corpos de prova utilizados estão ilustrados na figura 17.

Figura 16– Corpos-de-prova utilizados no ensaio natural.
Fonte: autora.

Os corpos-de-prova foram confeccionados com relação água/cimento de 0,6 e cimento CP IV-32 da Votoran, por ser o cimento mais usual da região. A resistência à compressão (f_{ck}) de 20MPa foi definida por ser o valor mínimo considerado para um concreto estrutural, de acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2014).

3.1.3 Definição do cronograma de coleta de amostras

A exposição dos corpos-de-prova de concreto em diferentes locais da cidade de Pelotas/RS foi por um período total de 16 meses. A cada quatro meses foram retirados três cps de cada localidade para que fossem avaliadas as penetrações de cloretos e CO_2. As datas da realização de cada retirada do cps estão ilustradas na figura 18.

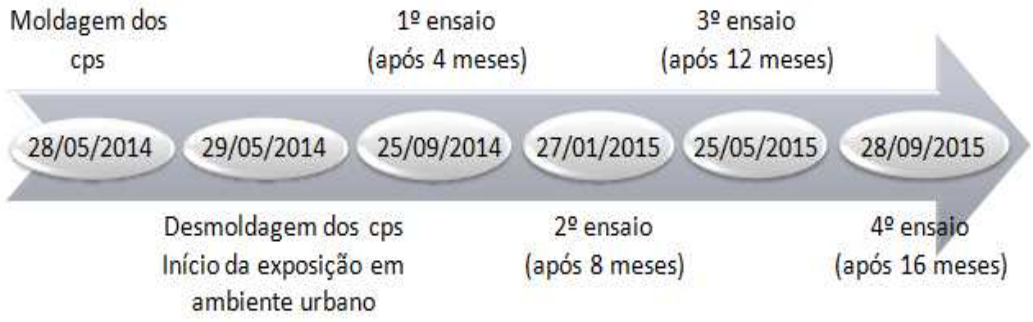

Figura 17 - Representação esquemática da realização do ensaio natural.
Fonte: autora.

3.1.4 Ensaio de resistência à compressão

Para o ensaio de resistência à compressão das amostras de cada localidade foi utilizada prensa hidráulica da marca Forney, sendo este realizado conforme a NBR 5739 (ABNT, 2007) e ilustrado na figura 19. Este ensaio foi realizado para verificação da resistência à compressão do concreto, que deveria ser no mínimo de 20MPa, e com este procedimento realizar a abertura do corpo-de-prova para posterior execução dos ensaios colorimétricos.

Figura 18 - Exemplo do rompimento do corpo-de-prova em prensa hidráulica.
Fonte:autora.

A evolução média, ao longo do ensaio, está apresentada na tabela 9, onde percebe-se que todos os corpos-de-prova atingiram a resistência mínima, podendo então, ser submetidos ao ensaio colorimétrico.

Tabela 9 - Resistência à compressão dos corpos-de-prova de concreto (MPa)

Local	Tempo de exposição			
	4 meses	8 meses	12 meses	16 meses
Bairro Fragata	27,44	32,17	34,05	35,47
Bairro Centro	24,48	30,52	31,61	30,28
Bairro Porto	26,99	33,22	32,34	32,87
Bairro Três Vendas 1	26,99	34,33	33,39	35,37
Bairro Três Vendas 2	28,65	33,99	30,85	35,70

Fonte: autora.

Como esperado, ocorreu um aumento da resistência à compressão entre o início do ensaio e após 16 meses de exposição. No bairro Fragata essa variação foi de +77,35%, para o bairro centro +51,13%, para o bairro Porto +64,35%, para o primeiro grupo de corpos-de-prova do bairro Três Vendas o aumento foi de 76,85% e por fim, para o segundo grupo deste mesmo bairro a variação foi de +78,50%. Já a média da resistência a compressão por período foi de 26,91 MPa para os primeiros 4 meses, 32,85 MPa após 8 meses e 32,45 MPa e 33,94 MPa após respectivamente 12 e 16 meses.

Para que fosse obtida a resistência à compressão média para cada dia de exposição para posterior aplicação nos modelos de previsão, utilizou-se a média para cada período, e baseado na NBR 6118 (ABNT, 2014) foi traçada a curva de evolução desta característica ao longo do tempo para o tipo de cimento utilizado nos corpos-de-prova (CP IV), sendo esta apresentada na figura 20.

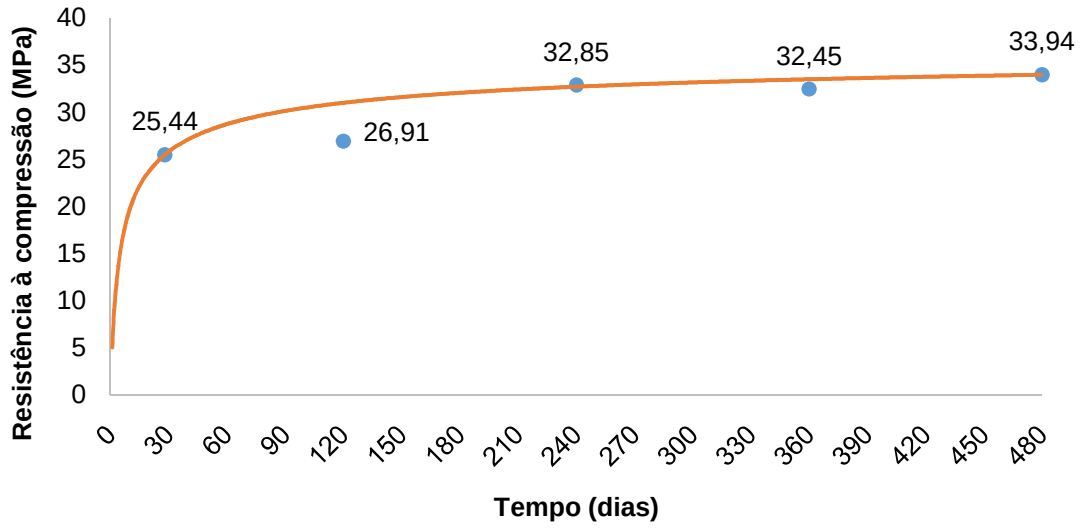

Figura 19 - Evolução da resistência à compressão ao longo do tempo.

Fonte:autora.

3.1.5 Execução da medição de penetração de cloretos e carbonatação

Para a determinação da frente de penetração de cloretos, após o rompimento dos corpos-de-prova foi aplicada em toda a face recém fraturada do mesmo a solução de nitrato de prata. Quando esta solução é aspergida na superfície do concreto acontece uma reação fotoquímica, onde na presença de cloretos livres, ocorre a formação de um precipitado branco de cloreto de prata e na região sem cloretos ou com cloretos combinados, há formação de um precipitado marrom, o óxido de prata (REAL et al., 2015). A aspersão desta solução química bem como o aspecto dos corpos-de-prova após o procedimento está ilustrada nas figuras 21 e 22 respectivamente.

Figura 20 - Exemplo da aspersão de nitrato de prata na amostra fraturada.
Fonte: autora.

Figura 21 - Exemplo do aspecto das amostras após aspersão de nitrato de prata.
Fonte: autora.

Já para a determinação da frente de carbonatação, o processo foi similar ao anteriormente citado para cloretos, sendo realizada para a verificação da espessura da camada carbonatada, a aspersão da solução de fenolftaleína, composta por 1% de fenolftaleína, 70% de álcool etílico e 29% de água destilada. Segundo Cadore (2008), esta substância química torna o concreto não carbonatado (pH ≥ 12) vermelho carmim e permanece incolor no concreto carbonatado (pH< 9). Na figura 23 é apresentada a amostra fraturada com aspersão de fenolftaleína, enquanto a figura 24 ilustra o aspecto dos corpos-de-prova após 5 minutos da aplicação desta solução.

Figura 22 - Exemplo da aspersão de fenolftaleína na amostra fraturada.
Fonte: autora.

Figura 23 - Exemplo do aspecto das amostras após aspersão de fenolftaleína.
Fonte: autora.

Quando aplicadas no mesmo corpo-de-prova, isolou-se com papel a área de aplicação para que uma solução não tivesse contato com a outra (Figura 25).

Figura 24 - Aspersão de nitrato de prata e fenolftaleína na face fraturada do corpo-de-prova.
Fonte: autora.

Após a aspersão do nitrato de prata e da fenolftaleína esperou-se aproximadamente 5 minutos até que a solução reagisse com o concreto. Em seguida foi realizada a medição, sendo feitas duas medições em cada corpo-de-prova, resultando em 6 valores de profundidade de cloretos e CO_2 por local de exposição.

Para fins de previsão de penetração de agentes agressivos a maior profundidade possui maior relevância. Esta, portanto, foi a medida utilizada para a análise dos resultados. A figura 26 ilustra o local da medição da frente de penetração de cloretos, sendo a carbonatação medida igualmente. Já a figura 27 exemplifica a medição nos corpos-de-prova expostos.

Figura 25 - Exemplo da frente de penetração de cloretos.
Fonte: Schneider, 2005

(a) (b)

Figura 26 - Exemplo da medição da profundidade (a) de cloretos e (b) de carbonatação.
Fonte: autora.

3.1.6 Caracterização climática da cidade de Pelotas/RS

Segundo Cánovas (1988), certos fatores mesmo que não sejam capazes de romper a passividade, podem após o processo desencadeado acelerar o efeito corrosivo, aumentando a velocidade de corrosão. Neste contexto, e com o intuito de verificar a agressividade do ambiente de exposição das amostras, fez-se necessário a caracterização da atmosfera local quanto às condições climáticas, sendo destacados como fatores de maior influência a umidade relativa do ar, temperatura e quantitativo de precipitação. É importante destacar que o monitoramento realizado foi do macro clima do ambiente de exposição das amostras, neste caso a cidade de Pelotas/RS. Tais dados foram obtidos através do sítio eletrônico da Estação Agroclimatológica de Pelotas, localizada no Capão do Leão, que disponibiliza boletins diários e mensais de variáveis meteorológicas.

Foram coletadas informações diárias da temperatura máxima e mínima, umidade relativa e precipitação, sendo apresentadas no Apêndice A. A tabela 10 apresenta a precipitação acumulada, temperatura e umidade relativa média para cada mês de exposição, enquanto as figuras 28 e 29 mostram a média da temperatura e umidade relativa, enquanto a figura 30 apresenta a precipitação acumulada, nos meses para os 4 períodos estudados (0 a 4 meses, de 4 a 8 meses, de 8 a 12 meses e de 12 a 16 meses). Para a aplicação dos modelos de vida útil

foram utilizados dados da umidade relativa e temperatura máxima e mínima diária, sendo para esta última calculada a média.

Tabela 10 - Variáveis climáticas da cidade de Pelotas/RS para o período estudado.

Período de exposição		**Tmáx (°C)**	**Tmín (°C)**	**T med (°C)**	**UR (%)**	**Precipitação acumulada (mm)**
1º período	1º mês (29/05/2014 a 27/06/2014)	18,5	9,2	13,9	88,7	81,7
	2º mês (28/06/2014 a 27/07/2014)	18,5	11,0	14,7	86,7	244,7
	3º mês (28/07/2014 a 26/08/2014)	20,3	9,8	15,0	84,9	89,3
	4º mês (27/08/2014 a 24/09/2014)	20,1	12,1	16,1	85,2	142,7
2º período	1º mês (25/09/2014 a 24/10/2014)	22,2	14,4	18,3	82,9	212,1
	2º mês (25/10/2014 a 23/11/2014)	26,4	17,2	21,8	78,4	155,0
	3º mês (24/11/2014 a 23/12/2014)	27,7	18,2	23,0	77,8	136,0
	4º mês (24/12/2014 a 26/01/2015)	29,2	20,6	24,7	80,7	187,6
3º período	1º mês (27/01/2015 a 25/02/2015)	28,1	20,2	24,2	82,1	140,3
	2º mês (26/02/2015 a 27/03/2015)	27,9	18,4	23,1	81,7	29,8
	3º mês (28/03/2015 a 26/04/2015)	25,9	14,5	20,2	82,1	112,1
	4º mês (27/04/2015 a 24/05/2015)	23,0	12,7	17,8	86,0	92,2
4º período	1º mês (25/05/2015 a 23/06/2015)	18,8	9,1	13,7	84,9	188,2
	2º mês (24/06/2015 a 23/07/2015)	18,2	9,8	14,3	89,3	231,1
	3º mês (24/07/2015 a 22/08/2015)	22,3	14,3	18,3	87,9	91,4
	4º mês (23/08/2015 a 27/09/2015)	20,5	11,7	16,1	81,5	268,3

Fonte: autora.

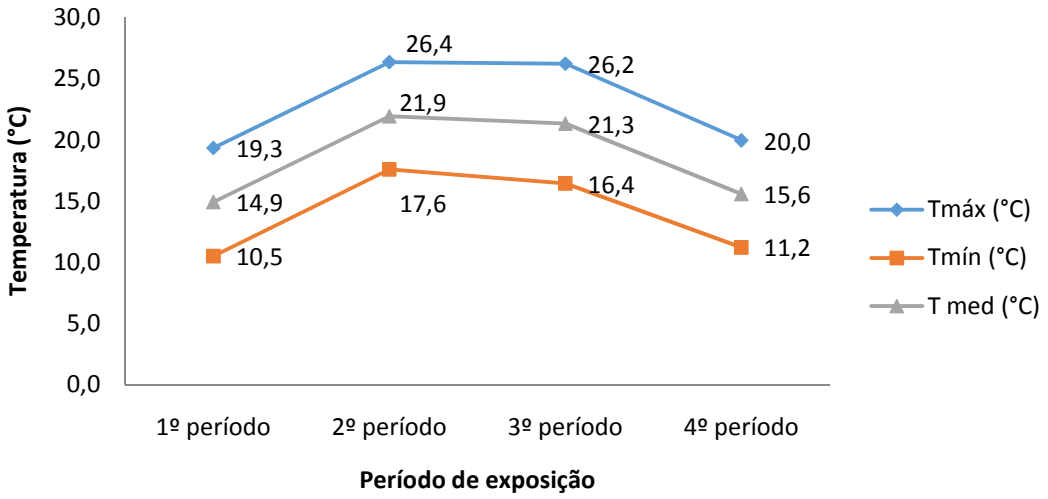

Figura 27- Temperatura média em cada período de exposição das amostras.

Fonte: autora.

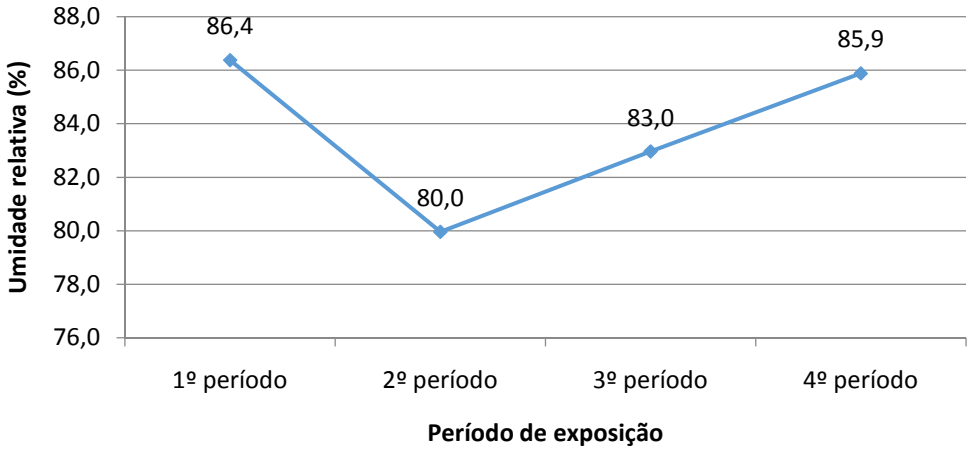

Figura 28 - Umidade relativa média para cada período de exposição das amostras.
Fonte: autora.

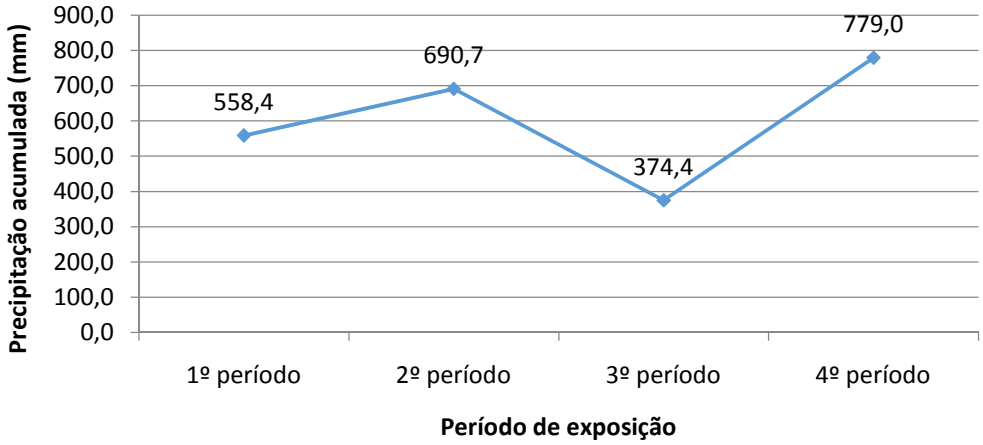

Figura 29 - Precipitação acumulada para cada período de exposição das amostras.
Fonte: autora.

3.2 Análise dos resultados

Após a obtenção dos resultados da penetração de cloretos e CO_2 nos corpos-de-prova expostos em ambiente natural, os dados foram analisados estatisticamente e em seguida aplicados em modelos de previsão de vida útil existentes na literatura. Após determinação das profundidades de penetração dos agentes agressivos pelos modelos, foi realizado um comparativo com os resultados adquiridos com o ensaio natural.

3.2.1 Análise estatística

Para a avaliação da influência das variáveis do estudo nos dados de profundidade de cloreto e carbonatação obtidos nos ensaios, foi realizado o teste de análise de variância (ANOVA) de duas vias. Para tanto, foi utilizado o programa computacional SPSS 20,0 (*Statistical Package for Social Sciencies for Windows*). A análise de variância é um método estatístico, que de acordo com Spiegel (1993), testa se as diferenças entre as médias de determinados grupos são estatisticamente significativas, tendo como hipótese de nulidade de que as médias são todas iguais. Ainda segundo o autor, o teste F (distribuição de Fischer) faz com que seja possível observar a significância estatística da variabilidade das médias entre grupos. Com este procedimento é possível observar o efeito de uma ou mais variáveis independentes e sua interação sobre a variável dependente.

O método ANOVA pode indicar que existe diferença entre os grupos e que as médias não são todas iguais, porém não informa quais grupos diferem. Para isto, foi realizada também uma comparação múltipla entre as variáveis. Para todas as análises foi utilizado um nível de significância (α) de 5%, ou seja, a partir deste valor os desvios são considerados não significativos apresentando um nível de confiança de 95%. Assim, pode-se rejeitar a hipótese de que as médias são todas iguais a 5% caso o valor de “p” encontrado seja menor que este valor. Segundo Pagano e Gauvreau (2004), um nível de significância de 5% ($p<0,05$), representa a probabilidade máxima de se rejeitar acidentalmente uma hipótese nula verdadeira, e caso o valor obtido exceda este fixado, então é significante ao nível de 5%.

Já o coeficiente de determinação (r^2) também obtido na análise estatística, indica em porcentagem, o quanto a variável dependente consegue ser explicada pelos outros valores observados. Assim, quanto maior o valor de r^2, mais explicativo é o modelo e melhor ele se ajusta à amostra.

Para a análise estatística foram consideradas como variáveis independentes o local de exposição das amostras (Rodoviária, Hotel Curi, Anglo, São Marcos e Santa Justina) e o tempo em que estas ficaram expostas (4, 8, 12 e 16 meses). Já como variável dependente considerou-se as profundidades,tanto de penetração de cloretos quanto carbonatadas, analisadas separadamente.

3.2.2 Modelos de previsão de vida útil

Foram escolhidos para aplicação neste trabalho, modelos que tivessem seus dados de entrada compatíveis com os dados já adquiridos nesta pesquisa ou de fácil obtenção. Os modelos escolhidos referem-se à fase de iniciação do processo de deterioração das estruturas e estão apresentados a seguir.

3.2.2.1 Modelos de previsão para análise de cloretos

Para análise de cloretos em estruturas de concreto, foi escolhido o modelo de Bob (1996), pois este faz a avaliação de cloretos em termos de profundidade percorrida pelo contaminante, ao invés de fazer a análise em termos de concentração, como grande parte dos modelos para análise de cloretos.

O modelo de Bob (1996) determina a profundidade média da penetração de cloretos na estrutura, considerando a concentração superficial de cloretos, propriedades do concreto utilizado e condições ambientais, sendo apresentado na equação 2.

$$x_m = 150\left(\frac{c k_1 k_2 d}{f_c}\right)\sqrt{t} \qquad (2)$$

Onde:

x_m = profundidade média de penetração de cloretos (mm);

f_c = resistência à compressão do concreto (N/mm²);

c = capacidade de fixação dos cloretos em função do tipo de cimento;

k_1 = coeficiente de influência da temperatura;

k_2 = coeficiente de influência da umidade relativa;

d = relação entre a concentração crítica e a concentração superficial de cloretos na estrutura.

O modelo foi aplicado para diferentes valores do parâmetro d (tabela 11), como forma de analisar diferentes concentrações críticas e superficiais de cloretos na estrutura, já que esta variável representa a relação entre as duas concentrações. Para a aplicação deste modelo foram utilizadas, também, a temperatura média e

umidade relativa diária da cidade de Pelotas/RS durante o período de exposição das amostras, bem como a resistência à compressão média diária do concreto obtida através da curva de evolução desta característica. Segundo Andrade (2001), alguns parâmetros de entrada (d, c, k_1 e k_2) foram pré-determinados pelo autor do modelo, sendo apresentados na tabela 11.

Tabela 11 - Parâmetros relacionados ao modelo de Bob (1996).

Parâmetro k_1		**Parâmetro c**		**Parâmetro k_2**		**Parâmetro d**	
k_1	T(°C)	c	(%) adições no cimento	k_2	UR (%)	d	r
0,67	0 a 5	1,00	0	0,75	50	2,00	0 a 19
0,75	5 a 15	0,90	15	1,00	85	1,00	20
1,00	15 a 25	0,75	30	0,75	100	0,50	50
1,25	25 a 35	0,67	50	-	-	0,33	65
1,50	35 a 45	-	-	-	-	0,16	85

Fonte: Andrade (2001).

3.2.2.2 Modelo de previsão para análise de carbonatação

Os métodos aplicados para análise da penetração de CO_2 em estruturas de concreto estão descritos a seguir, sendo escolhidos conforme as variáveis de entrada, como já mencionado. Foi determinada, assim como para cloretos, a profundidade de carbonatação diária, sendo o tempo de exposição, o tempo em que os corpos-de-prova estavam expostos no dia calculado.

Diferentemente dos modelos de cloretos, para carbonatação foi possível a utilização de cinco modelos, pois os mesmos se adaptaram aos dados disponíveis nesta pesquisa.

3.2.2.2.1 Modelo de Smolczyk (1976)

Smolczyk (1976) propôs um modelo levando em consideração a resistência à compressão do concreto, a velocidade de carbonatação e, indiretamente, o local em que a estrutura está exposta, sendo representado pela equação 3.

$$e_c = a\left(\frac{1}{\sqrt{f_c}} - \frac{1}{f_{clim}}\right)\sqrt{t} \qquad (3)$$

Onde

e_c = espessura carbonatada (cm);

a = velocidade de carbonatação;

fc = resistência à compressão do concreto (kgf/cm²);

f_{clim} = valor limite da resistência à compressão do concreto que pode ser carbonatada (kgf/cm²);

t = tempo de exposição (semanas).

Foi empregado no modelo, o valor diário da resistência à compressão média do concreto obtido no ensaio natural através da curva de evolução desta característica. Os parâmetros a e f_{clim} dependem do ambiente em que a estrutura está exposta e estão apresentados na tabela 12.

Tabela 12 - Parâmetros relacionados ao modelo de Smolczyk (1976).

Parâmetro	**Ambiente externo**	**Ambiente interno**
a	250	220
f_{clim}	625	920

Fonte: Possan (2010).

3.2.2.2.2 Modelo de Vesikari (1988)

O modelo proposto por Vesikari (1988),conforme as equações 4 e 5, leva em consideração a relação água/cimento do concreto, sendo o coeficiente de carbonatação majorado se a estrutura estiver exposta em ambiente externo desprotegido.

$$e_c = k\sqrt{t} \quad (4)$$

$$k = [26\,(a/c - 0{,}3)^2 + 1{,}6] \quad (5)$$

Onde:

e_c = profundidade de carbonatação (mm);

k = coeficiente de carbonatação ($mm/ano^{0,5}$) – para ambiente externo deve ser multiplicado por 4;

a/c = relação água/cimento.

Devido à relação a/c dos corpos-de-prova utilizados no ensaio natural ser de 0,6, este foi o valor empregado no modelo.

3.2.2.2.3 Modelos de Morinaga (1990)

Morinaga (1990) propôs formulações diferentes dependendo da relação água/cimento do concreto (w), sendo a equação 6 aplicada para w ≤ 0,6. O modelo do autor considera variáveis climáticas (umidade relativa e temperatura ambiental), a concentração de CO_2 na atmosfera, e características da estrutura como relação água/cimento e tipo de revestimento empregado.

$$x_c = \left(\frac{C}{5}\right)^{1/2} 2{,}44R(1{,}391 - 0{,}174HR + 0{,}0217T)(4{,}6W - 1{,}76)\sqrt{t} \qquad (6)$$

Onde:

x_c = profundidade de carbonatação (mm);
w = relação água/cimento;
C = concentração de CO_2 na atmosfera (%);
HR = umidade relativa;
T = temperatura ambiental (ºC);
t = tempo de exposição (dias);
R = parâmetro para considerar o tipo de revestimento na velocidade de carbonatação.

Para aplicação do modelo foi utilizada a umidade relativa e a temperatura média diária. A concentração de CO_2 na atmosfera foi definida através de Helene (1993) que estima valores de 0,1 a 1,2% para ambientes urbanos. Foi aplicado, então, o valor mínimo de 0,1%, o máximo de 1,2% e como forma de testar o nível de concentração mais próximo da cidade de Pelotas/RS, foram empregados dois valores intermediários (0,5% e 0,9%). Já o valor do parâmetro R foi baseado em Barbosa (2009),que define para estruturas sem revestimento o valor unitário.

3.2.2.2.4 Modelo de Helene (1997b)

Helene (1997b) propõe a equação 7 e a utilização de um ábaco determinista (figura 31) para a obtenção do coeficiente de carbonatação em função do cobrimento de armaduras das estruturas expostas e da vida útil de projeto desejada.

$$x = k\sqrt{t} \tag{7}$$

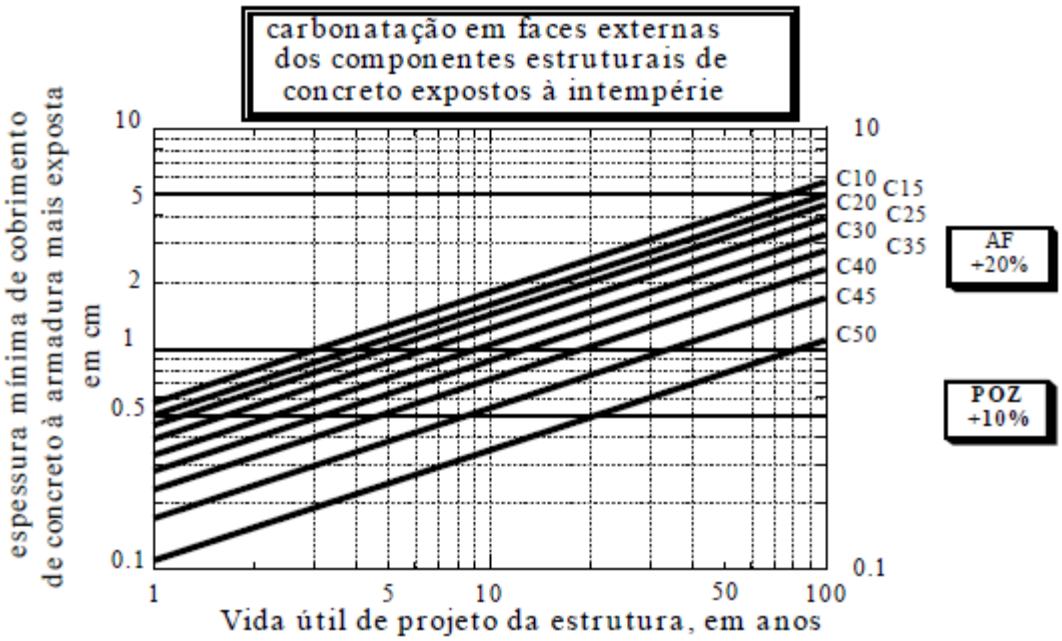

Figura 30 - Ábaco proposto no modelo de Helene (1997).

Fonte: Helene (1997), apud Carmona (2005).

Segundo Carmona (2005), embora se obtenha o resultado com o auxílio do ábaco acima, o valor do coeficiente de carbonatação pode ser deduzido para cada tipo de concreto em função da sua resistência à compressão, conforme equação 8.

$$k_{CO_2} = 6{,}7882 - 0{,}1131 f_{ck} \tag{8}$$

Onde:

k_{CO2} = coeficiente de carbonatação (mm/ano^{0,5});

f_{ck} = resistência característica do concreto (MPa);

O ábaco foi desenvolvido para uma concentração de CO_2 ambiente de 0,1% e assim a generalização para outras concentrações é dada pela equação 9.

$$k_{CO_2} = (6{,}7882 - 0{,}1131 f_{ck}) \frac{\sqrt{C_s}}{\sqrt{0{,}1}} \quad (9)$$

Onde:

C_S= concentração ambiente de CO_2 (%)

Os valores das variáveis de entrada empregadas no modelo estão na tabela 13.

Tabela 13 - Parâmetros empregados no modelo de Helene (1997b).

Variável de entrada	Valor empregado
f_{ck}(MPa)	Valor diário da resistência à compressão média
C_s(%)	0,1 - 0,5 - 0,9 - 1,2

Fonte: autora.

3.2.2.2.5 Modelo de Possan (2010)

O modelo desenvolvido por Possan (2010) considera diversas variáveis como as relacionadas às características do concreto (resistência à compressão, tipo de cimento empregado e teor de adição se houver), condições de exposição (ambiente interno ou externo, protegido ou não da chuva), e condições ambientais (umidade relativa e teor de CO_2 da região de exposição). O modelo está representado pela equação 10.

$$y = k_c \left(\frac{20}{f_c}\right)^{k_{fc}} . \left(\frac{t}{20}\right)^{1/2} . \exp\left[\left(\frac{k_{ad} . ad^{3/2}}{40+f_c}\right) + \left(\frac{k_{co_2} . {CO_2}^{1/2}}{60+f_c}\right) - \left(\frac{k_{UR}(UR-0{,}58)^2}{100+f_c}\right)\right] k_{ce} \quad (10)$$

Onde:

y = profundidade de carbonatação média do concreto (mm);
f_c = resistência característica à compressão axial do concreto (MPa);
k_c = fator variável referente ao tipo de cimento empregado;
k_{fc} = fator variável referente à resistência à compressão axial do concreto em função do tipo de cimento utilizado;
t = idade do concreto (anos);

ad = teor de adição pozolânica no concreto em relação à massa de cimento (%);

k_{ad} = fator variável referente às adições pozolânicas do concreto em função do tipo de cimento utilizado;

UR = umidade relativa média;

k_{UR} = fator variável referente à umidade relativa em função do tipo de cimento utilizado;

CO_2 = teor de CO_2 da atmosfera (%);

k_{CO2} = fator variável referente ao teor de CO_2 ambiente em função do tipo de cimento utilizado;

k_{ce} = fator variável referente à exposição à chuva em função das condições de exposição da estrutura.

As variáveis de entrada pré-determinadas pela autora (k_c, k_{fc},k_{ad},k_{CO2}, k_{UR} e k_{ce}) estão apresentadas nas tabelas 14 e 15, enquanto as demais variáveis,na tabela 16 . Como os corpos-de-prova expostos não possuíam adições, as variáveis relacionadas a esta característica foram consideradas nulas.

Tabela 14 - Coeficientes do modelo de Possan (2010) em função das características do concreto e das condições ambientais.

Tipo de cimento	**Características do concreto**			**Condições ambientais**	
	Cimento	**f_c**	**Adição**	**CO_2**	**UR**
	k_c	**k_{fc}**	**k_{ad}**	**k_{CO2}**	**k_{UR}**
CP I	19,80	1,70	0,24	18,00	1300
CP II E	22,48	1,50	0,32	15,50	1300
CP II F	21,68	1,50	0,24	18,00	1100
CP II Z	23,66	1,50	0,32	15,50	1300
CP III	30,50	1,70	0,32	15,50	1300
CP IV	33,27	1,70	0,32	15,50	1000
CP V ARI	19,80	1,70	0,24	18,00	1300

Fonte: Possan (2010).

Tabela 15 - Coeficientes do modelo de Possan (2010) em função das condições de exposição.

Local de exposição	**k_{ce}**
Ambiente interno protegido da chuva	1,30
Ambiente externo protegido da chuva	1,00
Ambiente externo desprotegido da chuva	0,65

Fonte: Possan (2010).

Tabela 16 - Parâmetros empregados no modelo de Possan (2010).

Variáveis de entrada	**Valor empregado**
CO_2 (%)	0,1 - 0,5 - 0,9 - 1,2
fc (MPa)	Valor diário da resistência à compressão média
UR	Umidade relativa diária

Fonte:autora

4 Resultados

Neste capítulo estão apresentados os resultados obtidos através da exposição de corpos-de-prova na cidade de Pelotas/RS, bem como a análise estatística realizada e a aplicação dos modelos de vida útil escolhidos para esta pesquisa.

4.1 Resultados da penetração de cloretos

O resultado e análise da penetração de cloretos nas amostras de concreto estão descritos a seguir.

4.1.1 Ensaio natural

As máximas profundidades de penetração de cloretos para os diferentes locais de exposição e os diferentes tempos estão apresentadas na figura 32.

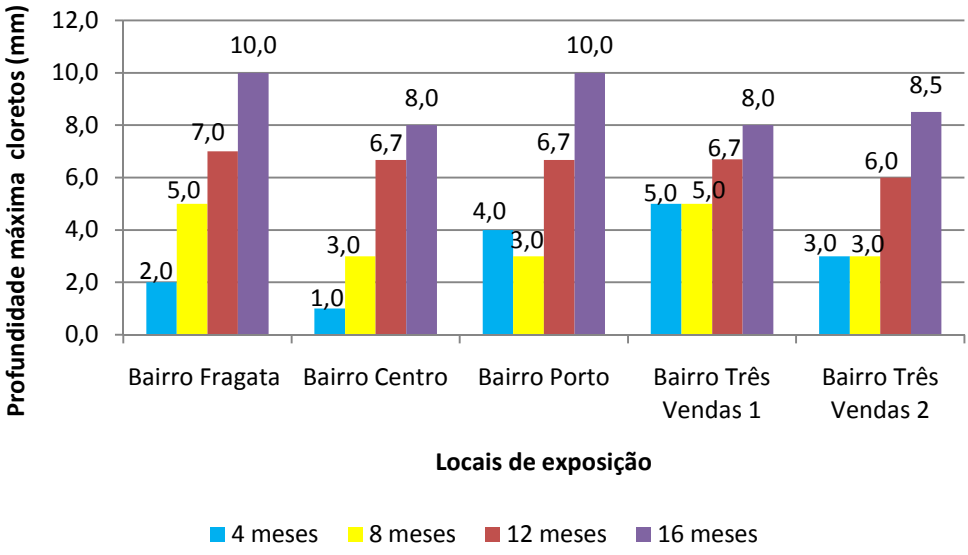

Figura 31 - Profundidade de penetração de cloretos para cada localidade e tempo de exposição.
Fonte: autora

Avaliando os dados, observa-se, como esperado, uma tendência de aumento da frente de cloretos entre a primeira e a última medição para todas as localidades. Nota-se que a maior profundidade de penetração de cloretos após os 16 meses de exposição em ambiente urbano foi encontrada nos bairros Fragata e Porto, sendo de 10mm. Esse valor foi surpreendente, pois não se esperava o encontro de cloretos livres dentro da cidade de Pelotas, visto que é uma cidade afastada do ambiente marítimo. Ao mesmo tempo, sabe-se que a lagoa dos Patos, que circunda a cidade, possui períodos no ano que muda o estado da água doce para salgada, podendo ser uma explicação para aparecimento nos concretos. É importante ressaltar, que de acordo com Souza (2015), foram encontrados em períodos de baixa pluviosidade valores elevados de cloretos em alguns pontos desde a lagoa Mirim até a Lagoa dos Patos e valores de cloreto acima do valor estabelecido pelo CONAMA para água doce em pontos do canal do prolongamento da Avenida Bento Gonçalves (SANTOS el al., 2012).

Já, para este mesmo tempo, a menor profundidade de cloretos foi de 8mm nas amostras 1 (Empresa São Marcos) do bairro Três Vendas e também do bairro centro. Novamente, um resultado não esperado, visto que a Empresa São Marcos é considerada em zona rural da cidade, portanto com maior distância da Lagoa dos Patos, em torno de 15 km. Chegando à conclusão que a presença de cloretos faz parte da atmosfera da cidade. Analisando-se o menor e o maior valor encontrados para degradação por íons cloretos na cidade do estudo, percebe-se uma variação de aproximadamente 20%.

Em termos de durabilidade, é importante a comparação com os cobrimentos exigidos pela norma vigente, devido a este servir de proteção contra os agentes agressivos. Foi analisado o maior (10mm) e menor valor (8mm) de profundidade encontrada no ensaio natural com o cobrimento mínimo para estruturas de concreto situadas em ambiente urbano, com risco de deterioração leve segundo a NBR 6118 (ABNT, 2014). A tabela 17 apresenta a porcentagem de quanto já se atingiu em relação ao cobrimento total da armadura

Tabela 17 - Variação entre a penetração de cloretos e o cobrimento recomendado pela norma.

Profundidade de penetração de cloretos medida nas amostras	**Cobrimento recomendado pela norma**	
	Laje (25mm)	Viga/pilar (30mm)
Profundidade de 10mm	40%	33,33%
Profundidade de 8mm	32%	26,76%

Fonte: autora

É importante ressaltar que os valores de cobrimentos citados são para concretos não revestidos, assim como os corpos-de-prova expostos. Entende-se pela norma, que nesta região, para concreto revestido por argamassa e pintura, pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (classe I), e por consequência os valores de cobrimentos são menores, sendo 20mm para lajes e 25mm para vigas e pilares. Desta maneira, os revestimentos das estruturas servem como uma barreira aos ataques de agentes agressivos aos materiais utilizados na construção, aumentando o período de tempo para os mesmos causem prejuízos à durabilidade da estrutura.

Como forma de avaliar isoladamente cada localidade, a figura 33 demonstra a variação na profundidade de penetração de cloretos de cada local ao longo do tempo.

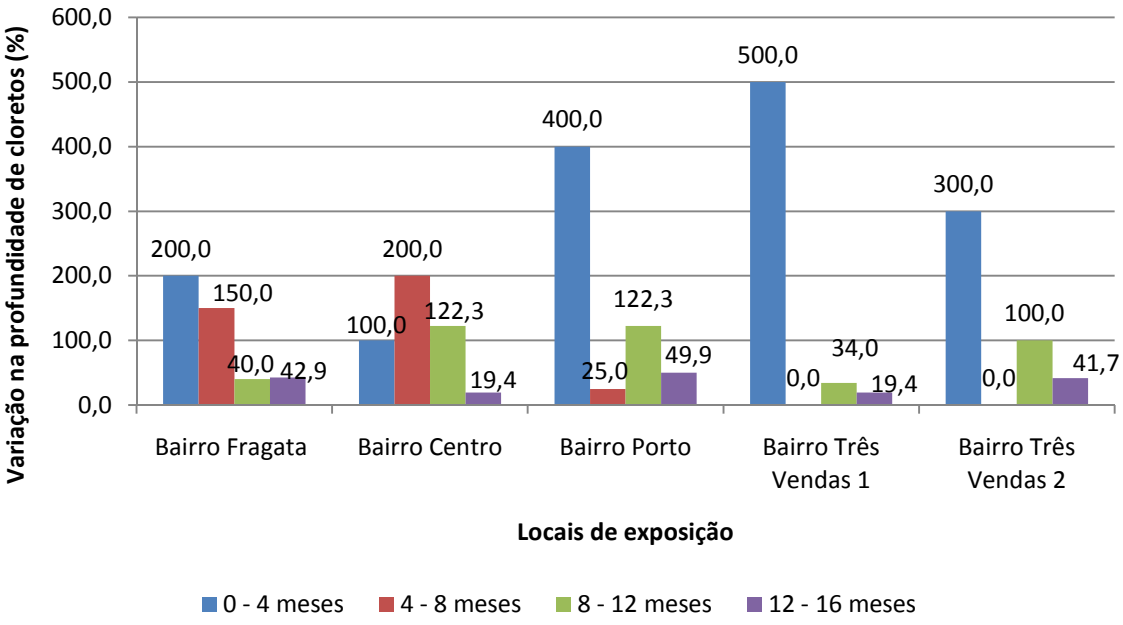

Figura 32 - Variação na profundidade de penetração de cloretos para cada localidade e período de exposição.

Fonte: autora.

As figuras 34, 35 e 36 apresentam as relações das variações de penetração de cloretos com as condições climáticas: quantitativo acumulado de precipitação, umidade relativa e temperaturas máximas e mínimas.

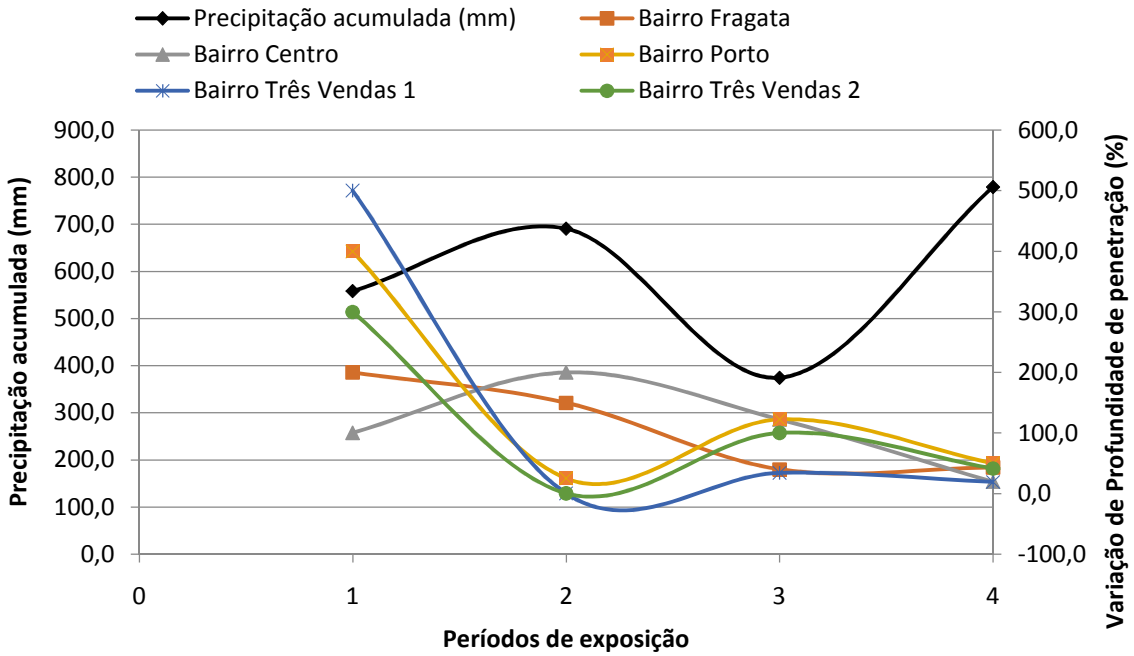

Figura 33 - Relação entre a penetração de cloretos e a precipitação acumulada para cada período.
Fonte: autora

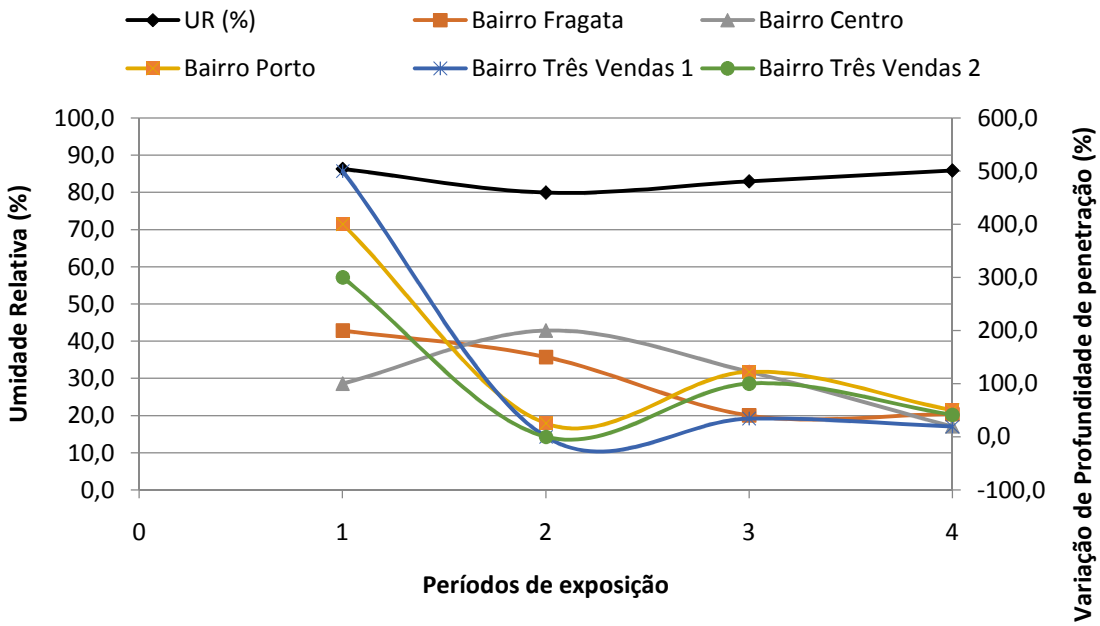

Figura 34 - Relação entre a penetração de cloretos e a umidade relativa para cada período.
Fonte: autora.

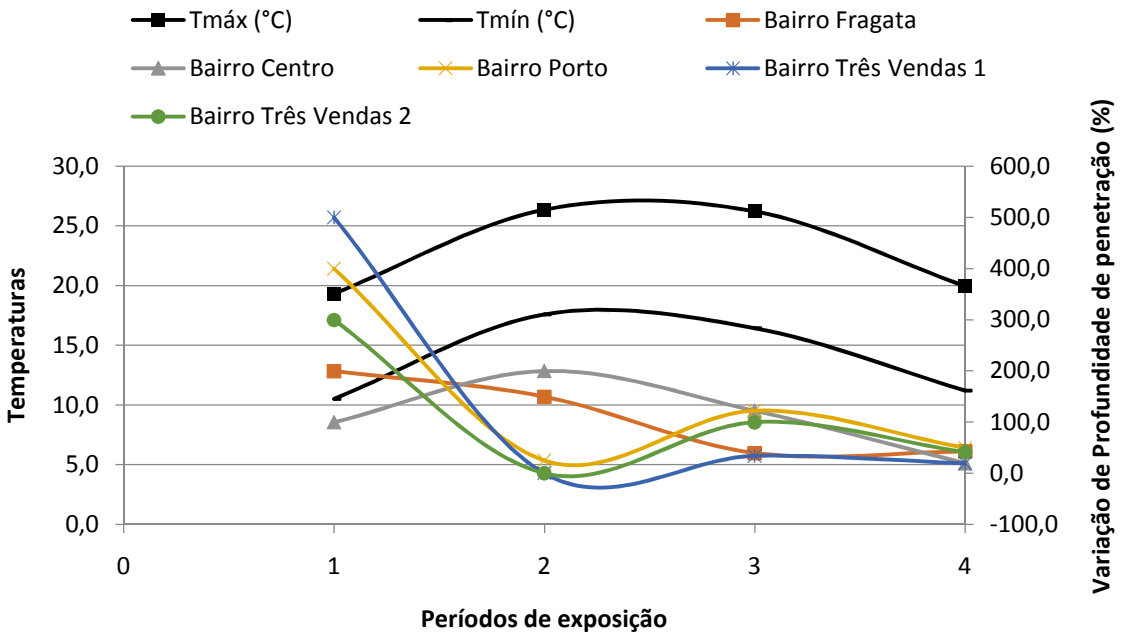

Figura 35 - Relação entre a penetração de cloretos e a temperatura para cada período.
Fonte: autora.

Avaliando o primeiro período (0-4 meses):

- A menor variação foi no bairro centro (100%), seguido do bairro Fragata (200%), Três Vendas 2 (300%), Porto (400%) e Três Vendas 1 (500%). Vale ressaltar que foi a maior variação, em todo experimento, para os bairros Fragata, Três Vendas 1, Porto e Três Vendas 2.
- Foi o período com maior umidade relativa média (86,4%) e menor temperatura máxima média atingida, de 19,3°C.
- Pode-se concluir que uma maior umidade em conjunto com uma menor temperatura auxilia na absorção de água pelo concreto, facilitando a entrada de cloretos em seu interior, devido à facilidade que o concreto tem em absorver a umidade do ambiente. Em clima úmido, normalmente a quantidade de água é suficiente para atuar como eletrólito (FORTES e ANDRADE, 2001).

Analisando o segundo período (4-8 meses):

- A maior variação foi no bairro centro (200%), sendo um contraponto do período anterior que este bairro foi o menor. O bairro Fragata teve uma variação de 150%, o Porto, 25% e os dois pontos Três Vendas não tiveram variação em relação ao período anterior;

- Foi o período com maiores valores de temperaturas (médias máximas e mínimas), porém de menor umidade relativa média (80%) e o segundo período em maior acumulativo de chuva (690,70mm);
- O bairro centro, local de exposição, é dentre os locais o que apresenta uma área mais intensamente urbanizada e com alta obstrução devido a maior concentração de edificações, sendo a maioria prédios altos,o que ocasiona em temperaturas mais altas e umidades mais baixas que a média obtida pela estação agroclimatológica (COLLISCHON, 2016). Desta maneira, conclui-se que a maior temperatura associada a uma maior sensação térmica permitiu uma maior concentração de cloretos. Assim como um período mais chuvoso em conjunto com maior ventilação nos demais locais, pode ter contribuído para lavagem dos cloretos na camada superficial dos corpos-de-prova (BERTOLINI, 2010).

Avaliando o terceiro período (8-12 meses):

- A menor variação foi no bairro Três Vendas 1 (34%), seguido do bairro Fragata (40%), Três Vendas 2 (100%) e centro e Porto (122,3%).
- Foi o segundo período com maiores temperaturas e ao mesmo tempo o período com menor precipitação, tendo uma média acumulada de 374,40mm.
- Podendo concluir que uma diminuição na precipitação pode ter aumentado a concentração de cloreto na superfície do concreto, sendo estes absorvidos para seu interior. Assim, as altas temperaturas estimularam uma maior mobilidade das moléculas, aumentando a velocidade das reações.

Analisando o quarto período (12-16 meses):

- Todos os bairros apresentaram variação inferior a 50%;
- Foi o período com segunda maior umidade relativa média (85,9%), muito próxima da maior umidade relativa média (86,4%). E foi o com maior acumulado de chuva (779mm);
- Podendo concluir que o maior quantitativo de chuva, provoca uma saturação dos poros, não permitindo o maior avanço dos cloretos (FORTES, 1995). Porém, fica a dúvida se ocorre esta saturação, ou o

quantitativo de cloretos presentes na atmosfera chegou no limite de penetração.

Com base na análise mencionada acima, e apesar de evidente o crescimento da profundidade penetrada ao longo do tempo, observa-se que o comportamento não segue uma relação linear entre os tempos de exposição e a penetração de cloretos. Utilizou-se uma linha de tendência polinomial devido a esta ser a que melhor descreveu o comportamento da penetração de cloretos em cada local (Figuras 37 a 41), sendo ilustradas, também, as equações propostas e os coeficientes de determinação.

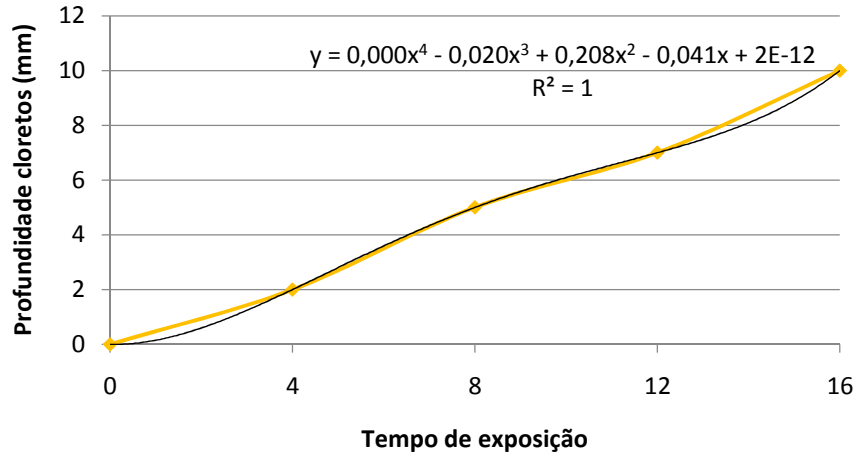

Figura 36 - Função representativa do comportamento da penetração de cloretos para o bairro Fragata.
Fonte: autora.

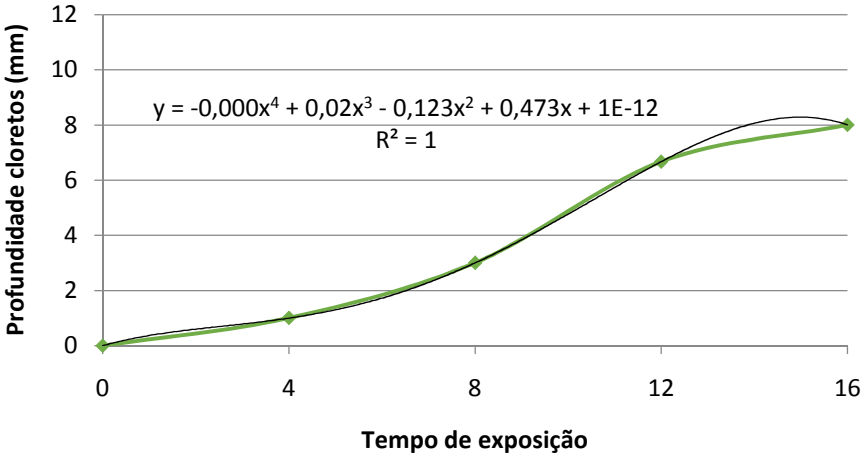

Figura 37 - Função representativa do comportamento da penetração de cloretos para o bairro Centro.
Fonte: autora.

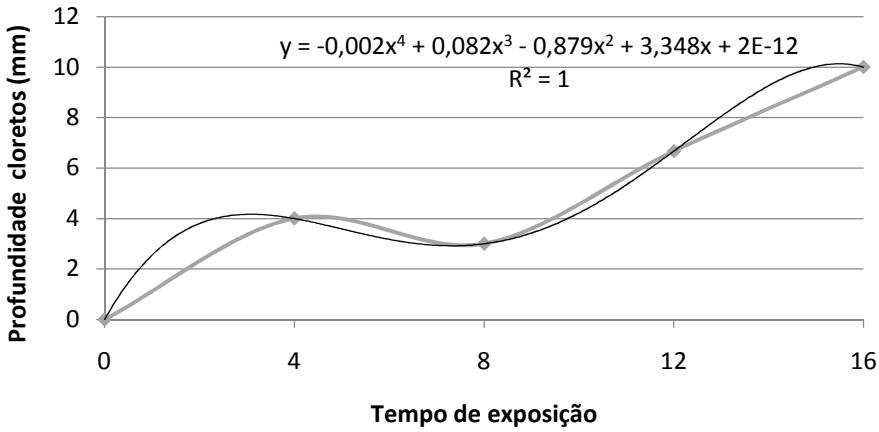

Figura 38 - Função representativa do comportamento da penetração de cloretos para o bairro Porto.
Fonte: autora.

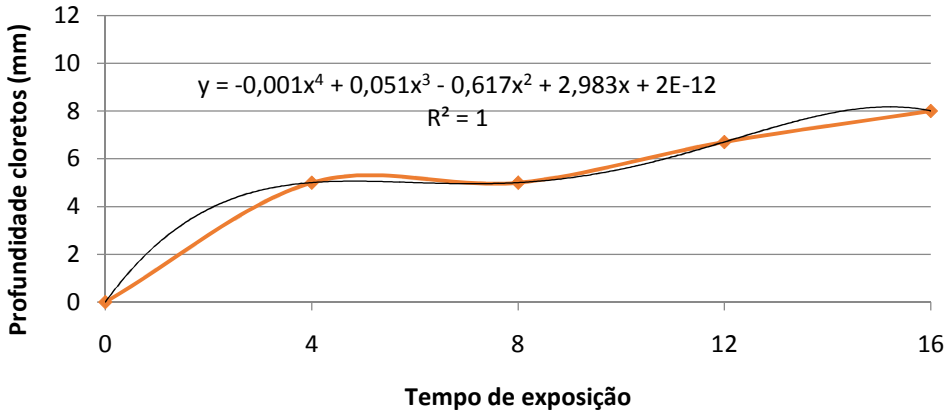

Figura 39 - Função representativa do comportamento da penetração de cloretos para o bairro Três Vendas 1.
Fonte: autora.

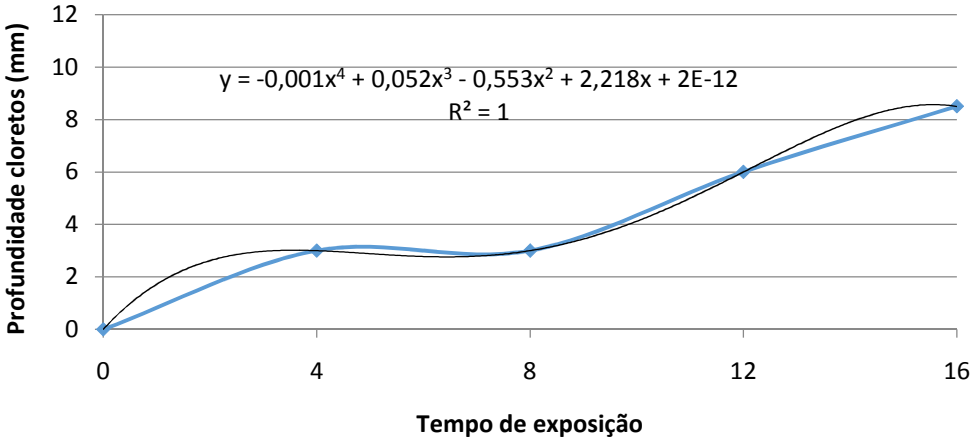

Figura 40 - Função representativa do comportamento da penetração de cloretos para o bairro Três Vendas 2.
Fonte: autora.

Ao utilizar-se as equações geradas pelas linhas de tendência, dos dados adquiridos no ensaio natural, conclui-se que as equações só permitem previsão próxima dos períodos coletados. Conforme tabela 18, não pode ser utilizada a equação para previsão para tempos superiores, pois não está feito o ajuste da equação com os dados coletados. O que demonstra a necessidade do uso dos modelos de previsão citados na revisão bibliográfica ou realização deste ensaio natural a longo prazo para melhor ajuste da curva.

Tabela 18 - Comparação entre os resultados do ensaio natural e da previsão através das equações polinomiais.

Tempo (meses)	**Profundidade de cloretos (mm)**									
	Bairro Fragata		**Bairro Centro**		**Bairro Porto**		**Bairro Três Vendas 1**		**Bairro Três Vendas 2**	
	Equação	Natural	Equação	Natural	Equação	Natural	Equação	Natural	Equação	Natural
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	2,01	2,00	0,99	1,00	3,99	4,00	5,01	5,00	3,01	3,00
8	5,22	5,00	2,83	3,00	2,94	3,00	5,12	5,00	3,17	3,00
12	8,07	7,00	5,84	6,67	6,40	6,67	7,33	6,70	6,90	6,00
16	13,34	10,00	5,40	8,00	9,18	10,00	10,02	8,00	11,39	8,50
20	28,09	-	-8,01	-	-8,63	-	2,99	-	4,62	-
24	63,68	-	-48,83	-	-81,73	-	-32,6	-	-34,65	-

Fonte: autora.

Vale ressaltar que, para o tempo de 16 meses, em todos os locais, foi onde ocorreu a maior diferença nos dados obtidos no ensaio natural e o modelo gerado pela equação polinomial. Para o bairro Fragata foi medido no ensaio colorimétrico 10mm, como medida máxima, e aplicando a equação para 16 meses, determinou-se 13,34mm. Também não houve um padrão quanto a equação dar um valor maior ou menor do que o medido no natural, pois ambas situações ocorreram. O que se justifica em função de que a penetração de agentes agressivos depende de muitos fatores (temperatura, umidade relativa, tipo de cimento, tempo de cura, relação água/cimento), que interferem na velocidade da propagação dos mesmos, e assim não podem ser confirmados com um modelo polinomial.

4.1.2 Análise estatística

A avaliação estatística utilizou uma análise de variância (ANOVA) de duas vias, considerando como variáveis independentes os locais de exposição dos corpos

de prova (Bairro Fragata, Centro, Porto e Três Vendas 1 e 2) e o tempo que estes ficaram expostos (4,8,12 e 16 meses), e como variável dependente destas, a profundidade penetrada por cloretos.

Através da ANOVA de duas vias foi possível identificar que a variável tempo exerceu influência na profundidade de cloretos ($p < 0,001$, com nível de significância de 0,05), enquanto que a variável local e a interação entre estas variáveis não influenciaram os resultados ($p > 0,05$). A partir desta análise verifica-se que toda a cidade de Pelotas/RS tem o mesmo comportamento quanto a penetração de cloretos, não interferindo a mudança entre bairros, apenas o tempo de exposição. Estes resultados estão demonstrados na tabela 19. Conforme mostra o $r^2 = 0,848$, o modelo explica 84,8% da variabilidade dos valores da profundidade de cloretos.

Tabela 19 - Variável dependente profundidade de cloretos (mm).

Fonte	Soma quadrada	Graus de liberdade	Média quadrada	F calculado	p
Modelo Corrigido	356,404[a]	19	18,758	11,748	**0,000**
Resíduo	1265,831	1	1265,831	792,745	**0,000**
Local * Tempo	30,669	12	2,556	1,601	0,131
Local	9,917	4	2,479	1,553	0,206
Tempo	315,818	3	105,273	65,929	**0,000**
Erro	63,871	40	1,597		
Total	1686,106	60			
Total corrigido	420,275	59			

a. ANOVA de duas vias: $r^2 = 0,848$

Para verificar quais variáveis diferem entre si, relativamente à profundidade de cloretos, estas foram analisadas isoladamente. Na coluna “diferença de média”, encontra-se a diferença a nível descritivo, entre as médias das profundidades de cloreto de cada par das variáveis, para que seja verificada se essas diferenças são estatisticamente significativas ou não, utilizando-se um intervalo de confiança de 95%.

Assim, considerando somente a variável independente “tempo”, a análise demonstrou que continua a diferença significativa entre as médias das profundidades de cloretos para todos os tempos analisados, conforme demonstra a tabela 20. Portanto, o tempo é uma variável que interfere significativamente nos resultados de exposição frente à penetração de cloretos, o que pode ser compreendido visto que quanto maior o tempo exposto, maior a chance de o agente agressivo penetrar nos poros do concreto. Assim, a hipótese de médias iguais para

as profundidades de cloretos pode ser rejeitada, indicando que esta sofre influência da variável tempo ($p < 0,01$) para todas as análises, considerando um nível de significância de 0,05.

Tabela 20 - Variável dependente profundidade de cloretos (mm) e variável independente tempo.

Tempo	Tempo	Diferença de média	Desvio padrão	p
4 meses	8 meses	- 1,333*	0,461	0,006
	12 meses	- 4,373*	0,461	0,000
	16 meses	- 5,733*	0,461	0,000
8 meses	4 meses	1,333*	0,461	0,006
	12 meses	-3,039*	0,461	0,000
	16 meses	-4,400*	0,461	0,000
12 meses	4 meses	4,373*	0,461	0,000
	8 meses	3,039*	0,461	0,000
	16 meses	-1,361*	0,461	0,005
16 meses	4 meses	5,733*	0,461	0,000
	8 meses	4,400*	0,461	0,000
	12 meses	1,361*	0,461	0,005

Já a análise da variável independente “local”, apresentada na tabela 21, indicou diferença significativa do primeiro local do bairro Três Vendas em relação aos locais Porto e Três Vendas 2, indicada por $p \leq 0,05$. Para os demais locais não foi encontrada diferença significativa, aceitando-se então, a hipótese de médias iguais entre estes e as profundidades de cloretos. É importante ressaltar que os resultados possuem um nível de confiança de 95%.

Tabela 21 - Variável dependente profundidade de cloretos (mm) e variável independente local.

Local	Local	Diferença de média	Desvio padrão	p
Bairro Fragata	Bairro Centro	0,250	0,516	0,631
	Bairro Porto	0,319	0,516	0,540
	Bairro Três Vendas 1	-0,724	0,516	0,168
	Bairro Três Vendas 2	0,385	0,516	0,460
Bairro Centro	Bairro Fragata	-0,250	0,516	0,631
	Bairro Porto	0,069	0,516	0,894
	Bairro Três Vendas 1	-0,974	0,516	0,066
	Bairro Três Vendas 2	0,135	0,516	0,795
Bairro Porto	Bairro Fragata	-0,319	0,516	0,540
	Bairro Centro	-0,069	0,516	0,894
	Bairro Três Vendas 1	- 1,043*	0,516	**0,050**
	Santa Justina	0,066	0,516	0,899
Bairro Três Vendas 1	Bairro Fragata	0,724	0,516	0,168
	Bairro Centro	0,974	0,516	0,066
	Bairro Porto	1,043*	0,516	**0,050**
	Bairro Três Vendas 2	1,109	0,516	**0,038**
Bairro Três Vendas 2	Bairro Fragata	-0,385	0,516	0,460
	Bairro Centro	-0,135	0,516	0,795
	Bairro Porto	-0,066	0,516	0,899
	Bairro Três Vendas 1	-1,109	0,516	**0,038**

Após a análise das variáveis isoladas por meio do teste F (ANOVA de duas vias), foi efetuado um teste de comparações múltiplas para que fosse possível confirmar os resultados anteriores. Através dos dados apresentados na tabela 22, pode-se confirmar que houve diferença significativa entre as médias das profundidades de cloretos, indicando influência do tempo nestas. Da mesma forma, os valores da tabela 23 também estão de acordo com os resultados encontrados anteriormente para a variável independente “local”, demonstrando que o local Três Vendas 1 apresentou diferença significativa ($p \leq 0,05$) com os locais, Porto e Três Vendas 2.

Tabela 22 - Teste de Tukey e variável independente tempo.

Tempo	Tempo	Diferença de média	Desvio padrão	p
4 meses	8 meses	- 1,3333*	0,46141	0,006
	12 meses	- 4,3727*	0,46141	0,000
	16 meses	- 5,7333*	0,46141	0,000
8 meses	4 meses	1,3333*	0,46141	0,006
	12 meses	-3,0393*	0,46141	0,000
	16 meses	-4,4000*	0,46141	0,000
12 meses	4 meses	4,3727*	0,46141	0,000
	8 meses	3,0393*	0,46141	0,000
	16 meses	-1,3607*	0,46141	0,005
16 meses	4 meses	5,7333*	0,46141	0,000
	8 meses	4,4000*	0,46141	0,000
	12 meses	1,3607*	0,46141	0,005

Tabela 23 - Teste de Tukey e variável independente local.

Local	Local	Diferença de média	Desvio padrão	P
Bairro Fragata	Bairro Centro	0,2500	0,51588	0,631
	Bairro Porto	0,3192	0,51588	0,540
	Bairro Três Vendas 1	-0,7242	0,51588	0,168
	Bairro Três Vendas 2	0,3850	0,51588	0,460
Bairro Centro	Bairro Fragata	0,2500	0,51588	0,631
	Bairro Porto	0,0692	0,51588	0,894
	Bairro Três Vendas 1	-0,9742	0,51588	0,066
	Bairro Três Vendas 2	0,1350	0,51588	0,795
Bairro Porto	Bairro Fragata	-0,3192	0,51588	0,540
	Bairro Centro	-0,0692	0,51588	0,894
	Bairro Três Vendas 1	-1,0433	0,51588	**0,050**
	Bairro Três Vendas 2	0,0658	0,51588	0,899
Bairro Três Vendas 1	Bairro Fragata	0,7242	0,51588	0,168
	Bairro Centro	0,9742	0,51588	0,066
	Bairro Porto	1,0433	0,51588	**0,050**
	Bairro Três Vendas 2	1,1092	0,51588	**0,038**
Bairro Três Vendas 2	Bairro Fragata	-0,3850	0,51588	0,460
	Bairro Centro	-0,1350	0,51588	0,795
	Bairro Porto	-0,0658	0,51588	0,899
	Bairro Três Vendas 1	-1,1092	0,51588	**0,038**

4.1.3 Modelo de previsão de vida útil

A aplicação do modelo de previsão de vida útil para penetração de cloretos foi realizada apenas para os locais que apresentaram diferença significativa na análise

estatística dos dados, sendo para o primeiro e segundo local do bairro Três Vendas e bairro Porto. Justifica-se essa metodologia visto que os Bairros Fragata e Centro não foram considerados diferentes estatisticamente dos outros 3 bairros. O modelo aplicado foi o de Bob (1996), e conforme descrito no capítulo 3, a aplicação foi feita para diversos valores do parâmetro “d”, referente à relação da concentração crítica e superficial de cloretos na estrutura. Foi considerado o valor de d até 0,50 devido às baixas profundidades de penetração encontradas para valores abaixo deste. As figuras 42, 43 e 44 apresentam a comparação entre os resultados encontrados com a aplicação do modelo e do ensaio natural. Os resultados e os parâmetros de entrada podem ser vistos no Apêndice B.

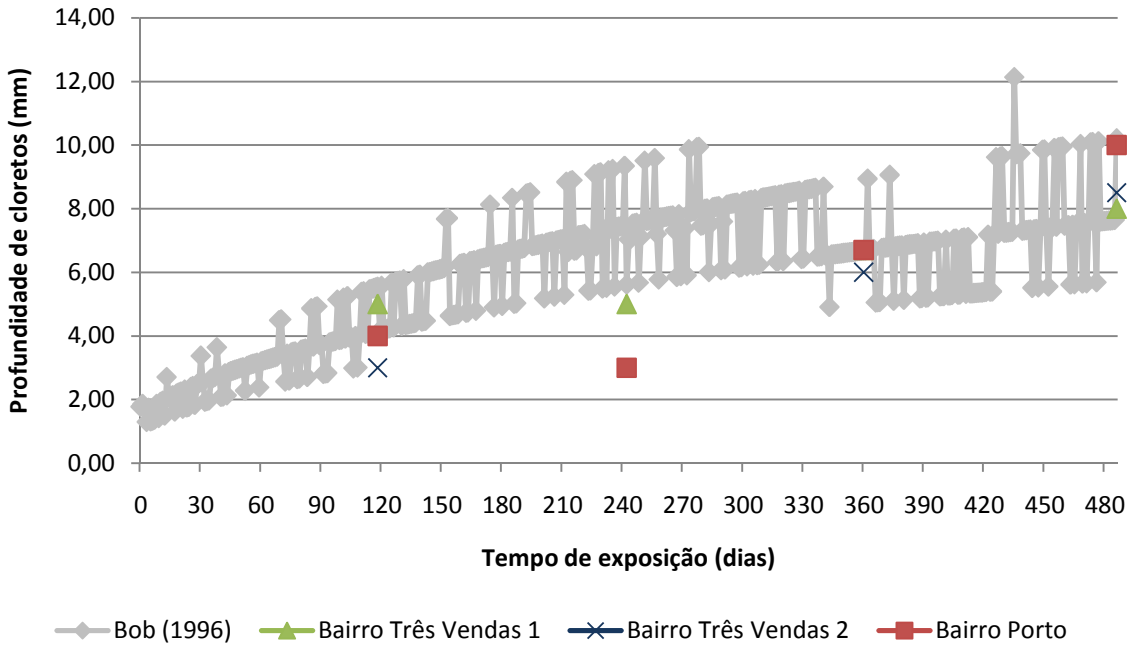

Figura 41 - Modelo de Bob (1996) com parâmetro d=2.

Fonte: autora

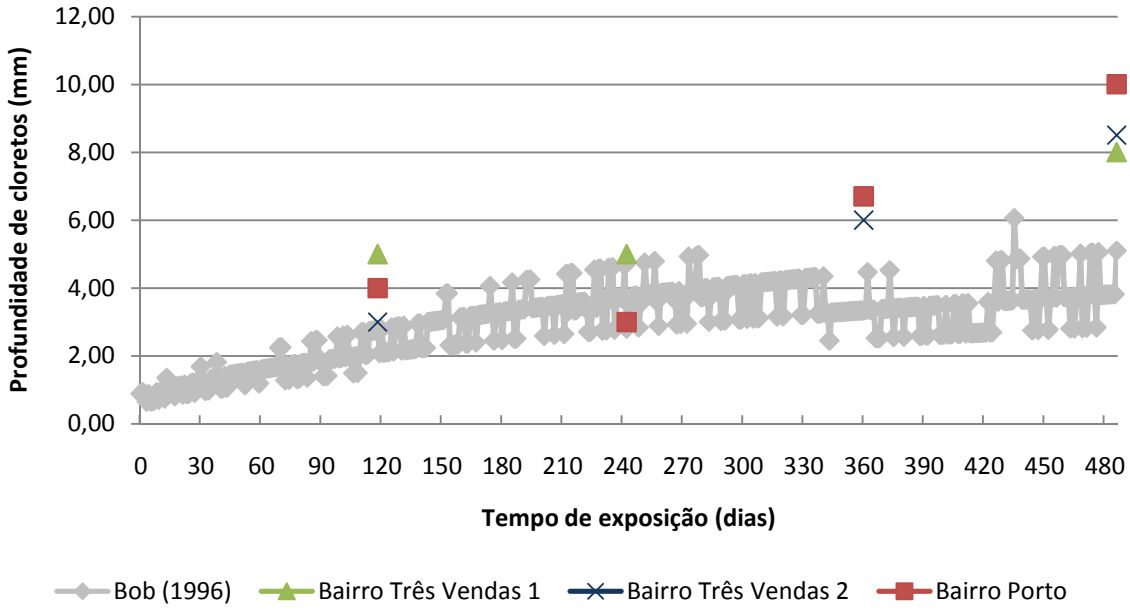

Figura 42 - Modelo de Bob (1996) com parâmetro d=1.

Fonte: autora

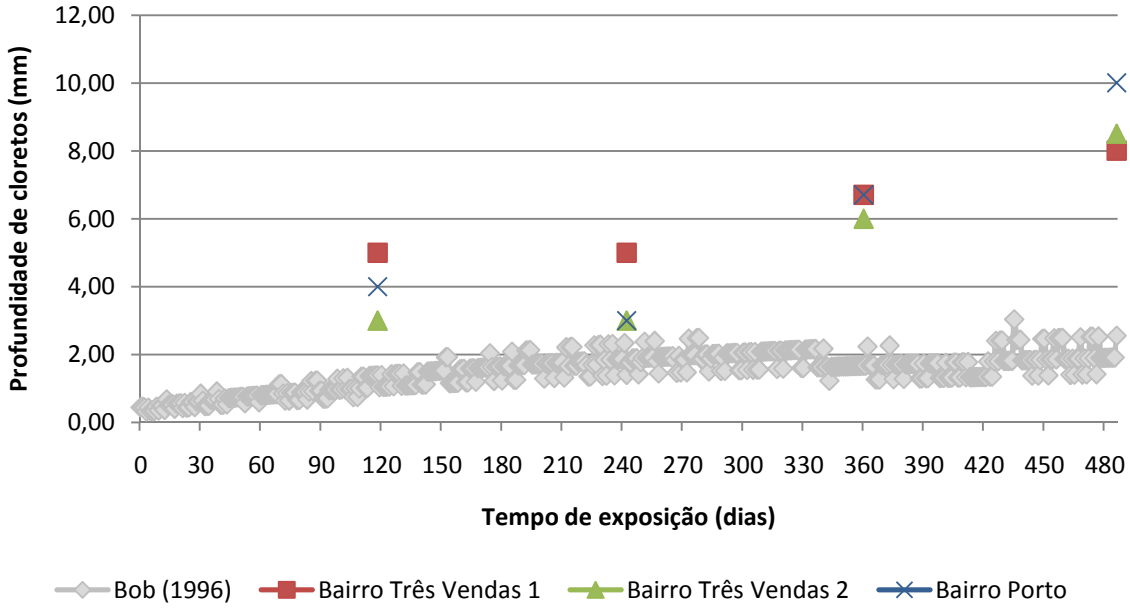

Figura 43 - Modelo de Bob (1996) com parâmetro d=0,50.

Fonte: autora.

Observa-se que o modelo que melhor se adequou aos valores encontrados no ensaio natural foi com o parâmetro d=2, ou seja, com a relação entre concentração crítica e concentração superficial de cloretos na estrutura entre 0 e 19. Para o 2º período nenhum dos locais teve seus valores descritos pelo modelo aplicado, diferentemente dos outros períodos de exposição.

Analisando isoladamente cada local para a melhor curva encontrada e baseado nos parâmetros de entrada do modelo, pode-se dizer que para o bairro Três Vendas 1 para o primeiro período (profundidade de 5mm) encontrou-se o valor mais próximo de 4,92mm aos 71 dias de exposição, com temperatura média de 16,4ºC e umidade relativa de 85%. Para o 2º período (profundidade de 5mm) foi também encontrado o valor aproximado de 4,92 mm de profundidade para 188 dias de exposição, temperatura média de 24,9ºC e umidade relativa de 88%. No 3º período (profundidade 6,7mm), encontrou-se 6,69mm aos 340 dias de exposição, com temperatura média de 16,1ºC e umidade relativa de 85,8% e 6,71mm aos 342 dias, temperatura média de 12ºC e umidade relativa de 83,8%. Já para o 4º período (profundidade de 8mm), encontrou-se 7,65mm para 486 dias de exposição, temperatura média de 17,1ºC e umidade relativa de 76%.

Para o bairro Três Vendas 2 no primeiro período onde a profundidade encontrada no ensaio natural foi de 3mm, ao aplicar o modelo encontrou-se este exato valor aos 47 dias de exposição, temperatura média de 16,95ºC e umidade relativa de 95,20%. No 2º período onde a profundidade do ensaio natural foi a mesma, o valor mais próximo encontrado pelo modelo foi de 3,93mm com 120 dias de exposição, temperatura média de 15,7ºC e umidade relativa de 86,50%.Para o 3º período encontrou-se o mesmo valor do ensaio natural (profundidade de 6mm), para 273 dias de exposição, temperatura média de 25ºC e umidade relativa de 86,3%. Já para o último período (profundidade de 8,5mm), obteve-se com o modelo a profundidade de 8,81mm aos 363 dias de exposição com temperatura média de 16ºC e umidade relativa de 82,30%.

Por fim, para o bairro Porto no 1º período, o valor de 4mm foi encontrado no ensaio natural, enquanto no modelo foi obtido 3,99mm aos 83 dias de exposição com temperatura média de 17,9ºC e umidade relativa de 90,80%.No segundo período este bairro teve o mesmo comportamento do bairro Três Vendas 1, enquanto no 3º período o valor encontrado foi o mesmo para o bairro Três Vendas 2.Já para o 4º período (profundidade de 10mm) pelo modelo encontrou-se o valor aproximado de 10,02mm para 469 dias de exposição, temperatura média de 16,9ºC e umidade relativa de 83,50%.

Avaliando de forma geral, para a cidade de Pelotas, o modelo de Bob (1996) foi aplicado para cada período de exposição dos corpos-de-prova. Foi utilizado como umidade relativa de 85%, devido a umidade de todos os períodos ser próxima desse

valor. Já para a temperatura, como ocorre uma grande variação diária, foram utilizadas as temperaturas máximas e mínimas de cada período. Já quanto à resistência à compressão foi utilizada a média de todos os locais em cada período. O resultado está apresentado na figura 45.

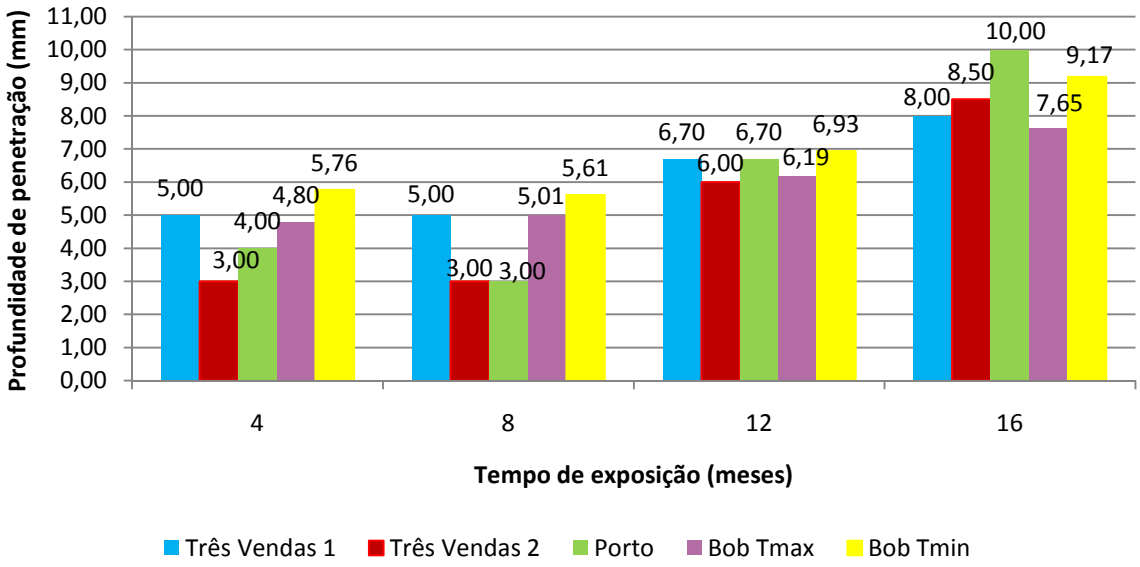

Figura 44 - Comparação dos resultados do ensaio natural com o modelo de Bob (1996).
Fonte: autora.

Fazendo-se uma análise dos resultados, o período que se mostrou mais próximo do modelo de Bob, para ambas as temperaturas foi de 12 meses, ficando próximo dos valores encontrados para o bairro Porto e Três Vendas 1 usando a temperatura mínima, e do bairro Três Vendas 2 utilizando a temperatura máxima. Para o período de 4 meses, os valores encontrados se aproximaram somente da profundidade encontrada no bairro Três Vendas 1, sendo o mais próximo o resultado encontrado utilizando a temperatura máxima. Enquanto que para 8 meses o modelo resultou em um valor muito próximo ao bairro Três Vendas 1 também para a temperatura máxima.Após o período de 16 meses, independentemente da temperatura, foram obtidos com o modelo resultados menores do que para o ensaio natural, onde o valor encontrado com a maior temperatura aproximou-se do bairro Três Vendas 1, e a maior profundidade (9,17mm) foi encontrada com a menor temperatura. Esta diferença pode ser devido à grande variação de temperatura diária da cidade de Pelotas/RS, como também pelo fato do modelo considerar

somente certos valores de umidade relativa (50%, 85% e 100%), sendo que a umidade para todos os períodos se encontra entre os valores de 85 e 100%.

4.2 Resultados da carbonatação

O resultado e análise da penetração de CO_2nas amostras de concreto estão descritos a seguir.

4.2.1 Ensaio natural

As profundidades carbonatadas para os diferentes locais de exposição e os diferentes tempos estão apresentadas na figura 46.

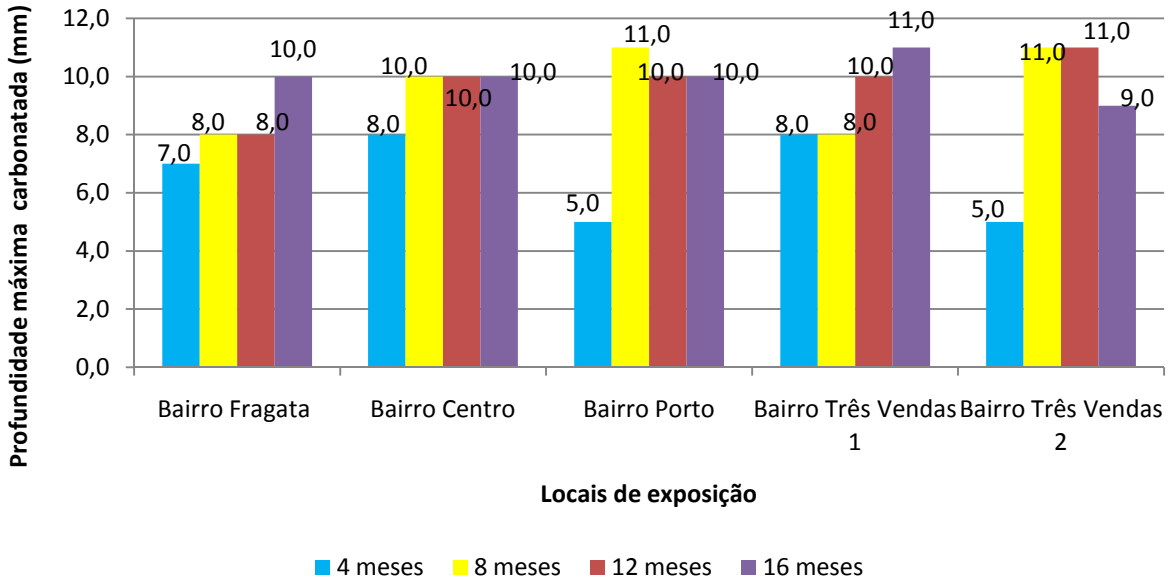

Figura 45 - Profundidade de carbonatação para cada localidade e tempo de exposição.
Fonte: autora.

Analisando-se os dados observa-se,assim como para cloretos, uma tendência de aumento entre a primeira e a última medição para todas as localidades. Nota-se que a maior profundidade de penetração de CO_2 após os 16 meses de exposição, em ambiente urbano, foi encontrada no primeiro local do bairro Três Vendas, sendo de 11mm. Já o menor valor de profundidade encontrado foi de 9 mm para este mesmo bairro, porém para o segundo local.Analisando-se o menor e o maior valor

encontrados para degradação por íons cloretos na cidade do estudo, percebe-se uma variação de aproximadamente 18%.

Realizando a comparação com o cobrimento mínimo indicado pela NBR 6118 (ABNT, 2014), têm-se os resultados do quanto já se atingiu em relação ao cobrimento total da armadura apresentados na tabela 25.

Tabela 24 - entre a penetração de CO_2 e o cobrimento recomendado pela norma.

Profundidade de penetração de CO_2 medida nas amostras	**Cobrimento recomendado pela norma**	
	Laje (25mm)	Viga/pilar (30mm)
Profundidade de 11mm	44%	37%
Profundidade de 9mm	36%	30%

Fonte: autora.

Como forma de avaliar isoladamente cada localidade, a figura 47 demonstra a variação na profundidade de carbonatação de cada local ao longo do tempo. Já as figuras 48, 49 e 50 apresentam as relações das variações de penetração de cloretos com as relações climáticas: quantitativo acumulado de precipitação, umidade relativa e temperaturas máximas e mínimas.

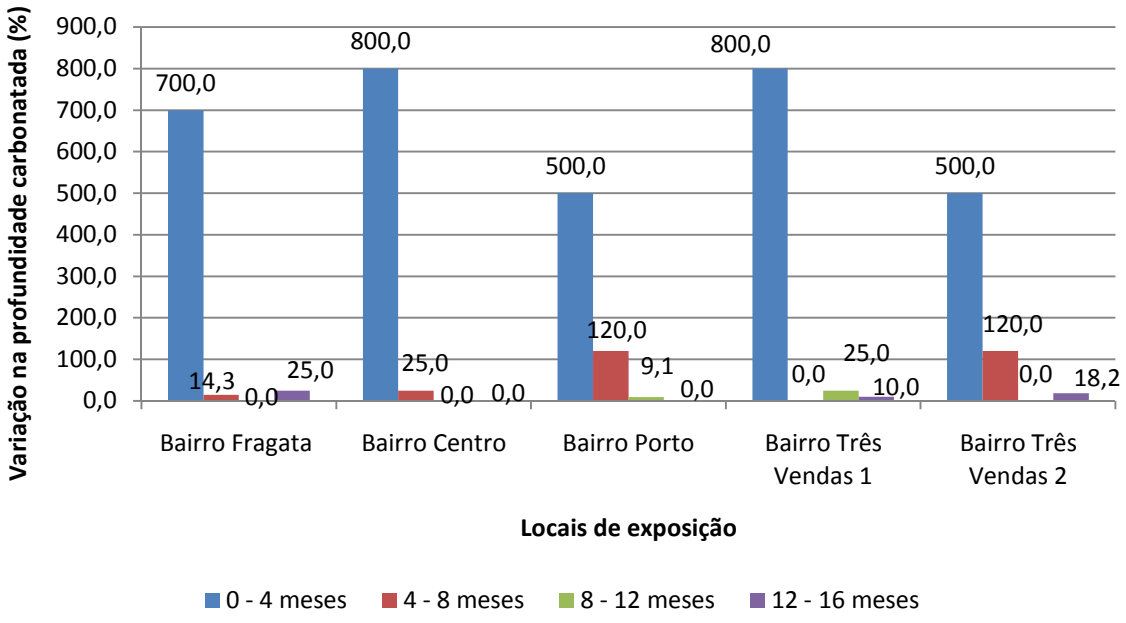

Figura 46 - Variação na profundidade de carbonatação para cada localidade e período de exposição.
Fonte: autora.

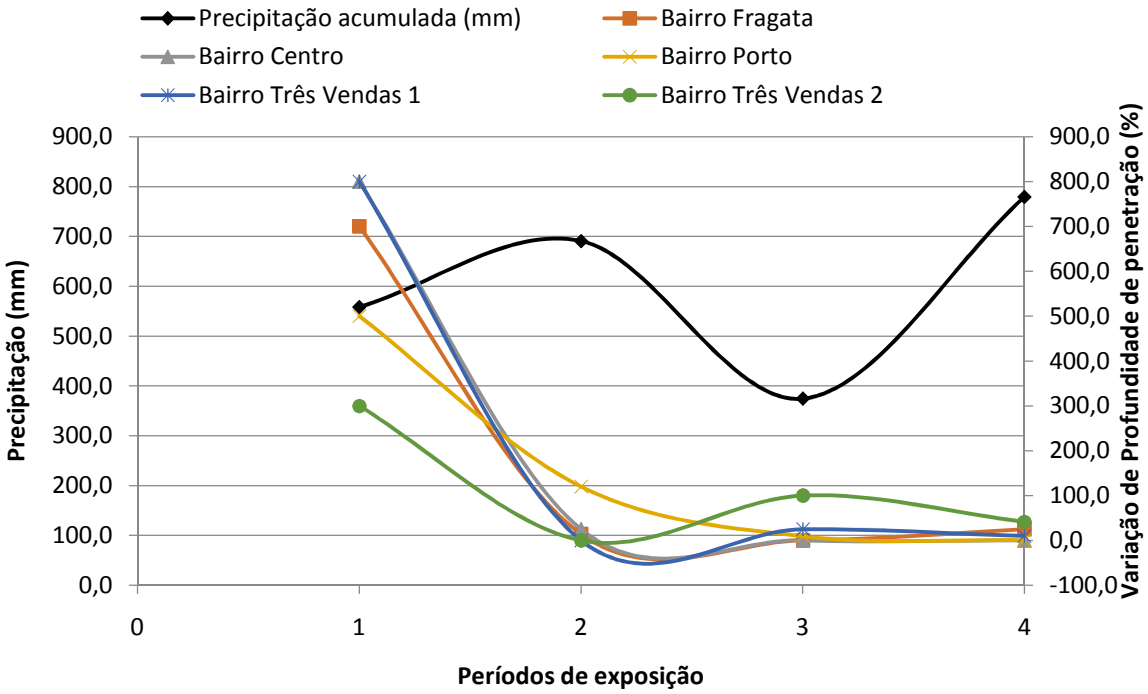

Figura 47 - Relação entre a penetração de CO_2 e a precipitação acumulada para cada período.
Fonte: autora.

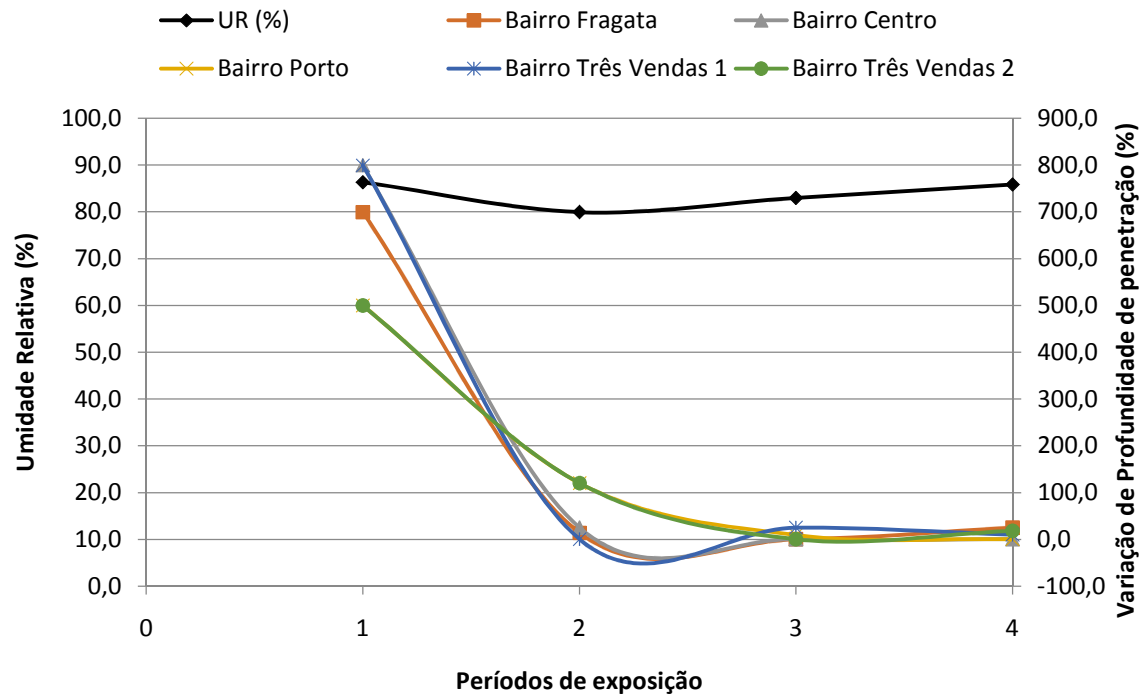

Figura 48 - Relação entre a penetração de CO_2 e a umidade relativa para cada período.
Fonte: autora.

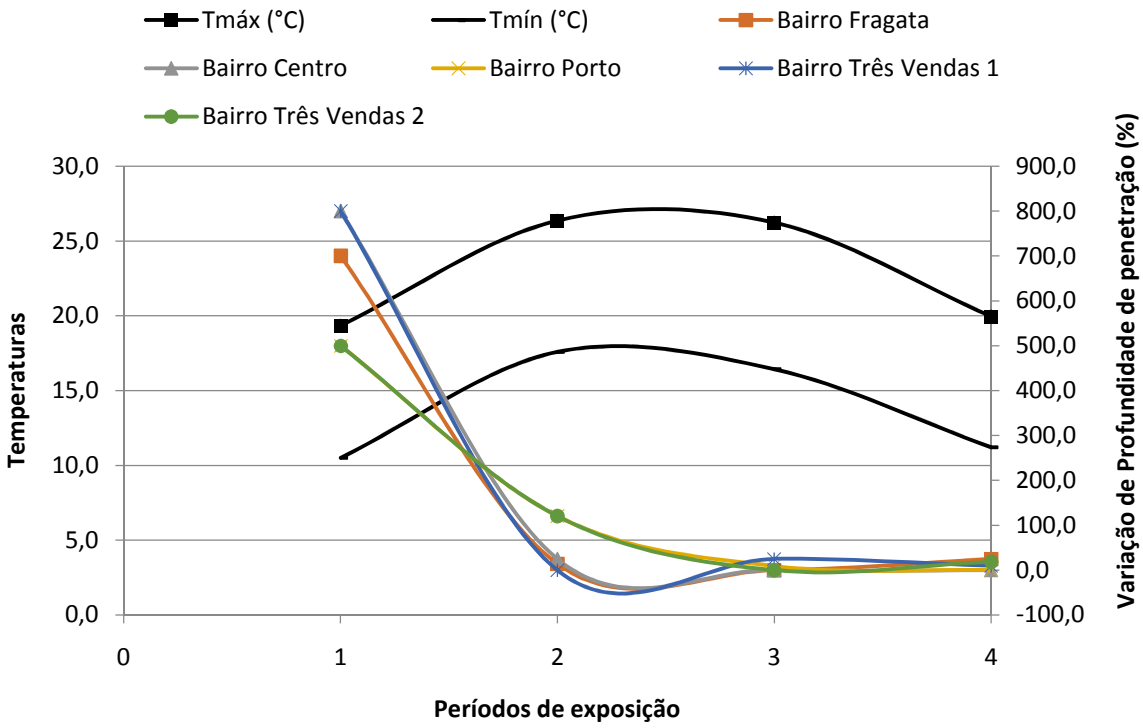

Figura 49 - Relação entre a penetração de CO_2 e a temperatura para cada período.
Fonte: autora.

Avaliando o primeiro período (0-4 meses):

- Todos os bairros apresentaram a maior variação na profundidade de penetração no primeiro período, sendo o maior nos bairros Centro e Três Vendas 1, de 800%, seguido do Fragata com 700% e 500% para os Porto e Três Vendas 2;
- Foi o período com maior umidade relativa média (86,4%), e menor temperatura máxima média atingida, de 19,3°C;
- Podendo concluir que a elevada umidade relativa associada às temperaturas mais baixas facilitou a absorção de água pelo concreto, preenchendo parcialmente os poros no interior do elemento, fazendo com que a frente de carbonatação avançasse até uma condição mais favorável (POLITO, 2006). É importante levar em consideração que períodos onde ocorrem temperaturas mais baixas colaboram para concentrações críticas de poluentes no ar (SZCZEPANIAK, 2014).

Analisando o segundo período (4-8 meses):

- A maior variação foi nos bairros Porto e Três Vendas 2 (120%). Os outros bairros Fragata (150%), Centro (25%) e os dois pontos Três Vendas (0%);
- Foi o período com maiores valores de temperaturas (médias máximas e mínimas), porém de menor umidade relativa média (80%) e o segundo período em maior acumulativo de chuva (690,70mm);
- Concluindo que a elevada temperatura estimulou à maior mobilbidade das moléculas no interior do concreto, aumentando a velocidade das reações químicas (CASCUDO e CARASEK, 2011). Ao mesmo tempo, a quantidade de chuva e a umidade relativa não deixaram com que o concreto secasse facilitando também o avanço da carbonatação (POLITO, 2006).

Avaliando o terceiro período (8-12 meses):

- A menor variação foi no bairro Três Vendas 1 (25%), seguido do bairro Porto (9,1%), os demais não tiveram variação;
- Foi o segundo período com maiores temperaturas e ao mesmo tempo o período que menos choveu, tendo uma média acumulada de 374,40mm.
- Podendo concluir que a temperatura alta provocou em uma variação na carbonatação, devido a esta ser uma variável catalisadora das reações. Porém, em alguns locais esta variação não ocorreu provavelmente pela falta de água nos poros do concreto, já que neste período também ocorreu o menor valor de precipitação.

Analisando o quarto período (12-16 meses):

- Todos os bairros apresentaram variação inferior a 25%, sendo nulo nos bairros centro e porto;
- Foi o período com segunda maior umidade relativa média (85,9%). E foi o com maior acumulado de chuva (779mm);
- Podendo concluir que o elevado valor de chuva em conjunto com a maior umidade relativa ocasionou a saturação dos poros, acarretando na dificuldade de difusão do CO_2 no interior do concreto e no impedimento da frente de carbonatação avançar (NEVILLE, 1997).

Assim como para a penetração de cloretos, ficou evidente o crescimento da profundidade carbonatada ao longo do tempo, observando-se, também, que o comportamento não segue uma relação linear entre os tempos de exposição e a penetração de CO_2. Assim, linhas de tendência polinomiais foram utilizadas por descreverem melhor o comportamento da penetração deste agente agressivo em cada local, conforme apresentadas nas figuras 51 a 55.

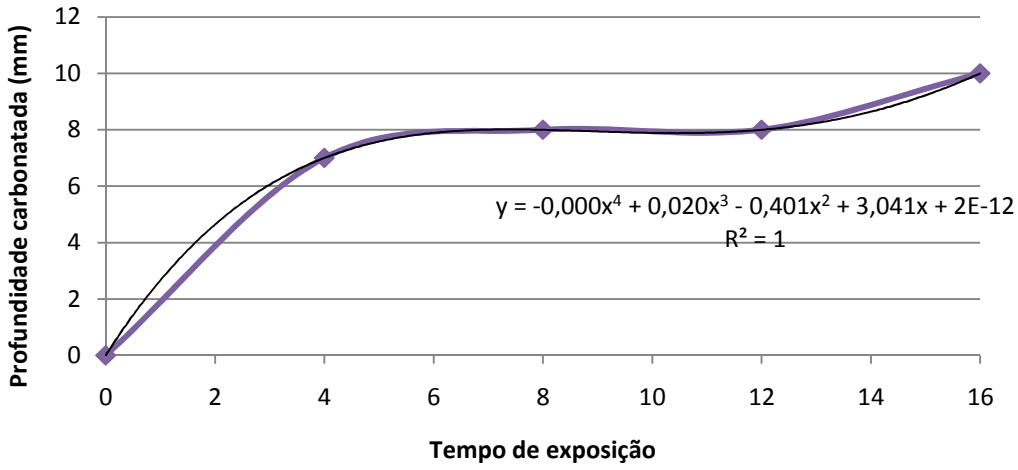

Figura 50 - Função representativa do comportamento da penetração de CO_2 para o bairro Fragata.
Fonte: autora

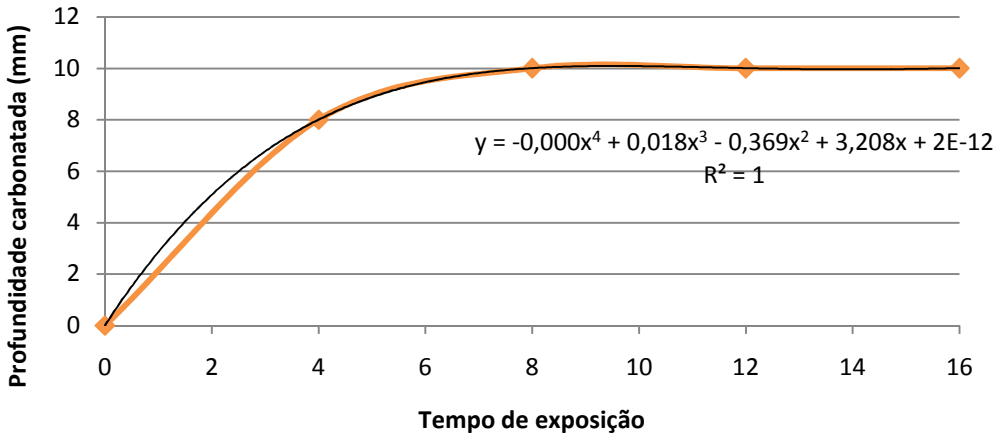

Figura 51 - Função representativa do comportamento da penetração de CO_2 para o bairro Centro.
Fonte: autora.

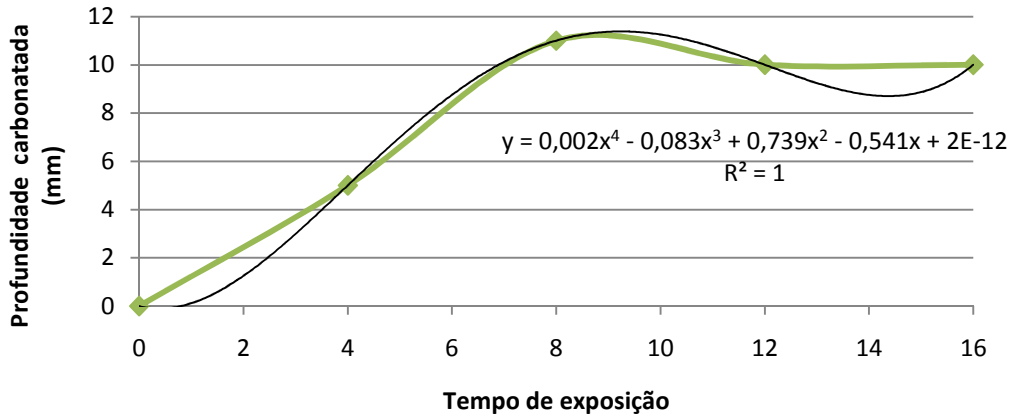

Figura 52 - Função representativa do comportamento da penetração de CO_2 para o bairro Porto.
Fonte: autora.

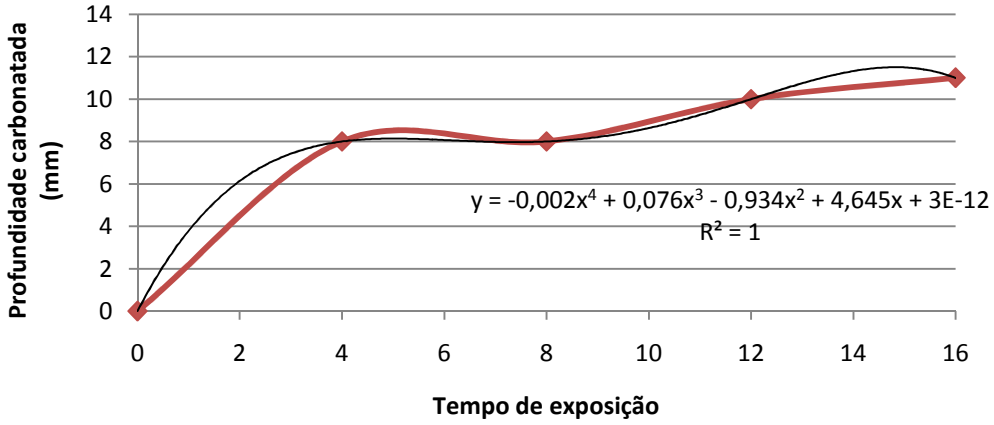

Figura 53 - Função representativa do comportamento da penetração de CO2 para o bairro Três Vendas 1.
Fonte: autora.

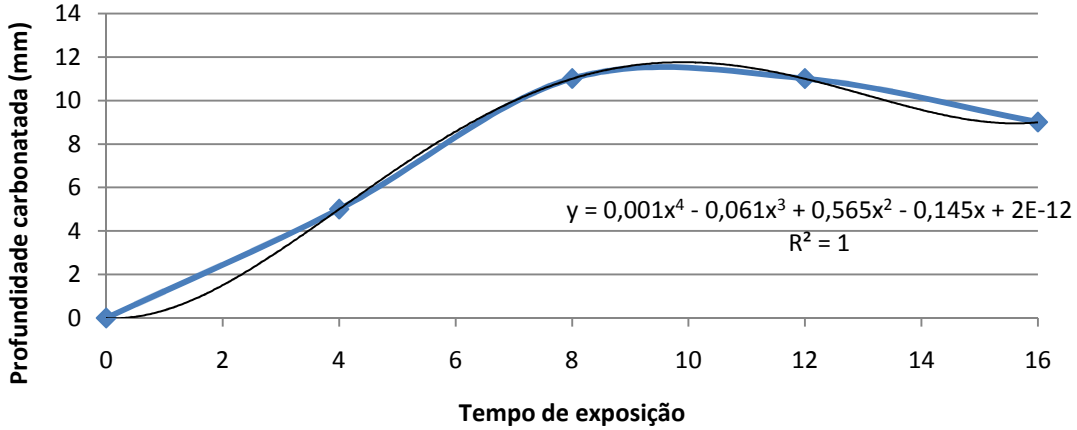

Figura 54 - Função representativa do comportamento da penetração de CO_2 para o bairro Três Vendas 2.
Fonte: autora.

Percebe-se assim, que as amostras dos bairros Porto e Três Vendas2tiveram comportamento semelhante ao longo do período de exposição. Observa-se, também, pouca oscilação na curva do bairro Fragata e bairro Centro, sendo neste último mais evidente devido à profundidade constante após o 2º ensaio. A tabela 26 apresenta a comparação do resultado do ensaio natural com os referentes à aplicação das equações.

Tabela 25 - Comparação entre os resultados do ensaio natural e da previsão através das equações polinomiais.

Tempo (meses)	**Profundidade de cloretos (mm)**									
	Bairro Fragata		**Bairro Centro**		**Bairro Porto**		**Bairro Três Vendas 1**		**Bairro Três Vendas 2**	
	equação	natural	equação	natural	equação	natural	equação	natural	equação	natural
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	7,01	7,00	8,00	8,00	5,00	5,00	8,00	8,00	5,00	5,00
8	8,09	8,00	10,09	10,00	11,00	11,00	8,05	8,00	11,04	11,00
12	8,48	8,00	10,48	10,00	9,97	10,00	10,29	10,00	11,20	11,00
16	11,55	10,00	11,55	10,00	9,87	10,00	11,95	11,00	9,62	9,00
20	18,83		13,85		34,61		-2,64		21,52	
24	30,03		16,06		124,09		-62,05		73,17	

Fonte: autora.

Os resultados encontrados pelo modelo gerado pela equação polinomial não mostram um padrão quanto aos resultados darem um valor maior ou menor do que o medido no natural, pois ambas as situações ocorreram. Porém, para todos os períodos os resultados foram muito semelhantes aos encontrados no ensaio natural. Para o tempo de 16 meses, a maior diferença ocorrida foi para o bairro Fragata, onde foi medido no ensaio colorimétrico10mm, como medida máxima, e aplicando a equação para 16 meses, determinou-se 11,55mm.

4.2.2 Análise estatística

A avaliação estatística utilizou uma análise de variância (ANOVA) de duas vias, considerando como variáveis independentes os locais de exposição dos corpos-de-prova (Bairro Fragata, Bairro Centro, Bairro Porto Anglo, Bairro Três

Vendas 1 e Três Vendas 2) e o tempo que estes ficaram expostos (4,8,12 e 16 meses), e como variável dependente destas, a profundidade de carbonatação.

Com os dados da tabela 27 é possível identificar que, assim como para a profundidade de cloretos, a carbonatação teve influência da variável tempo, enquanto que a variável local e a interação entre esta e o tempo não causou efeito na profundidade. O modelo, conforme o r², explica 67,8% da variabilidade dos valores da carbonatação.

Tabela 26 - Variável dependente profundidade de carbonatação (mm).

Fonte	Soma quadrada	Graus de liberdade	Média quadrada	F calculado	p
Modelo Corrigido	283,213[a]	19	14,906	4,384	**0,000**
Resíduo	2713,537	1	2713,537	798,099	**0,000**
Local * Tempo	47,817	12	3,985	1,172	0,335
Local	22,983	4	5,746	1,69	0,171
Tempo	212,413	3	70,804	20,825	**0,000**
Erro	136	40	3,400		
Total	3132,75	60			
Total corrigido	419,213	59			

a. ANOVA de duas vias: r² = 0,676 (r² ajustado = 0,521)

Analisando somente a variável tempo, percebe-se que não houve diferença significativa para os pares 4 e 8 meses e 12 e 16 meses (p>0,05). Para os demais tempos, a análise mostrou diferença significativa entre as médias da profundidade carbonatada, conforme tabela 28.

Tabela 27 - Variável dependente profundidade de carbonatação (mm) e variável independente tempo.

Tempo	Tempo	Diferença de média	Desvio padrão	p
4 meses	8 meses	-0,800	0,673	0,242
	12 meses	- 4,000*	0,673	**0,000**
	16 meses	- 4,233*	0,673	**0,000**
8 meses	4 meses	0,800	0,673	0,242
	12 meses	- 3,200*	0,673	**0,000**
	16 meses	- 3,433*	0,673	**0,000**
12 meses	4 meses	4,000*	0,673	**0,000**
	8 meses	3,200*	0,673	**0,000**
	16 meses	-0,233	0,673	0,731
16 meses	4 meses	4,233*	0,673	**0,000**
	8 meses	3,433*	0,673	**0,000**
	12 meses	0,233	0,673	0,731

Já a análise da variável independente “local”, apresentada na tabela 29, indicou diferença significativa para o local bairro Centro em relação ao local Três Vendas 2 ($p < 0,05$). Para os outros resultados não foi encontrada diferença significativa com um nível de confiança de 95%.

Tabela 28 - Variável dependente profundidade de carbonatação (mm) e variável independente local.

Local	Local	Diferença de média	Desvio padrão	P
Bairro Fragata	Bairro Centro	-0,542	0,753	0,476
	Bairro Porto	0,917	0,753	0,230
	Bairro Três Vendas 1	0,250	0,753	0,742
	Bairro Três Vendas 2	1,167	0,753	0,129
Bairro Centro	Bairro Fragata	0,542	0,753	0,476
	Bairro Porto	1,458	0,753	0,060
	Bairro Três Vendas 1	0,792	0,753	0,299
	Bairro Três Vendas 2	1,708*	0,753	**0,029**
Bairro Porto	Bairro Fragata	-0,917	0,753	0,230
	Bairro Centro	-1,458	0,753	0,060
	Bairro Três Vendas 1	-0,667	0,753	0,381
	Bairro Três Vendas 2	0,250	0,753	0,742
Bairro Três Vendas 1	Bairro Fragata	-0,250	0,753	0,742
	Bairro Centro	-0,792	0,753	0,299
	Bairro Porto	0,667	0,753	0,381
	Bairro Três Vendas 2	0,917	0,753	0,230
Bairro Três Vendas 2	Bairro Fragata	-1,167	0,753	0,129
	Bairro Centro	1,708*	0,753	**0,029**
	Bairro Porto	-0,250	0,753	0,742
	Bairro Três Vendas 1	-0,917	0,753	0,230

Os resultados para o teste de comparações múltiplas, apresentados nas tabelas 30 e 31 confirmaram os obtidos anteriormente. Pode-se confirmar que não houve diferença significativa entre as médias de carbonatação para a variável tempo 4 meses em relação a 8 meses e de 12 meses em relação a 16 meses. Da mesma forma, os valores encontrados para a variável local também estão de acordo com os resultados encontrados anteriormente, demonstrando que o bairro Centro e Três Vendas 2 apresentaram diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre si.

Tabela 29 - Teste de Tukey e variável independente tempo.

Tempo	Tempo	Diferença de média	Desvio padrão	p
4 meses	8 meses	-0,8000	0,67330	0,242
	12 meses	- 4,0000*	0,67330	**0,000**
	16 meses	- 4,2333*	0,67330	**0,000**
8 meses	4 meses	0,8000	0,67330	0,242
	12 meses	- 3,2000*	0,67330	**0,000**
	16 meses	- 3,4333*	0,67330	**0,000**
12 meses	4 meses	4,0000*	0,67330	**0,000**
	8 meses	3,2000*	0,67330	**0,000**
	16 meses	-0,2333	0,67330	0,731
16 meses	4 meses	4,2333*	0,67330	**0,000**
	8 meses	3,4333*	0,67330	**0,000**
	12 meses	0,2333	0,67330	0,731

Tabela 30 - Teste de Tukey e variável independente local.

Local	Local	Diferença de média	Desvio padrão	P
Bairro Fragata	Bairro Centro	-0,5417	0,75277	0,476
	Bairro Porto	0,9167	0,75277	0,230
	Bairro Três Vendas 1	0,2500	0,75277	0,742
	Bairro Três Vendas 2	1,1667	0,75277	0,129
Bairro Centro	Bairro Fragata	0,5417	0,75277	0,476
	Bairro Porto	1,4583	0,75277	0,060
	Bairro Três Vendas 1	0,7917	0,75277	0,299
	Bairro Três Vendas 2	1,7083*	0,75277	**0,029**
Bairro Porto	Bairro Fragata	-0,9167	0,75277	0,230
	Bairro Centro	-1,4583	0,75277	0,060
	Bairro Três Vendas 1	-0,6667	0,75277	0,381
	Bairro Três Vendas 2	0,2500	0,75277	0,742
Bairro Três Vendas 1	Bairro Fragata	-0,2500	0,75277	0,742
	Bairro Centro	-0,7917	0,75277	0,299
	Bairro Porto	0,6667	0,75277	0,381
	Bairro Três Vendas 2	0,9167	0,75277	0,230
Bairro Três Vendas 2	Bairro Fragata	-1,1667	0,75277	0,129
	Bairro Centro	1,7083*	0,75277	**0,029**
	Bairro Porto	-0,2500	0,75277	0,742
	Bairro Três Vendas 1	-0,9167	0,75277	0,230

4.2.3 Modelo de previsão de vida útil

A aplicação do modelo de previsão de vida útil para carbonatação foi realizada apenas para os locais que apresentaram diferença significativa na análise estatística dos dados, sendo para o bairro Centro e para o segundo local do bairro

Três Vendas. Os modelos aplicados foram Smolczyk (1976), Vesikari (1988), Morinaga (1990), Helene (1997b) e Possan (2010). As figuras 56, 57,58 e

59apresentam a comparação entre os resultados encontrados com a aplicação dos modelos e com a realização do ensaio natural.

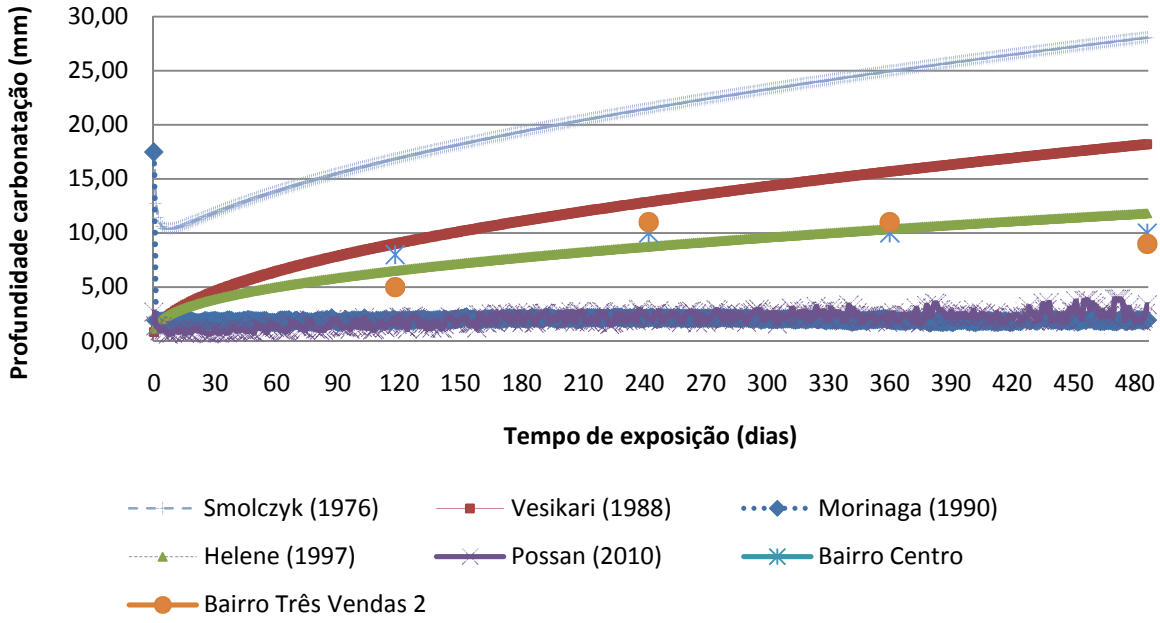

Figura 55 - Modelos de carbonatação com C = 1,2%.

Fonte: autora.

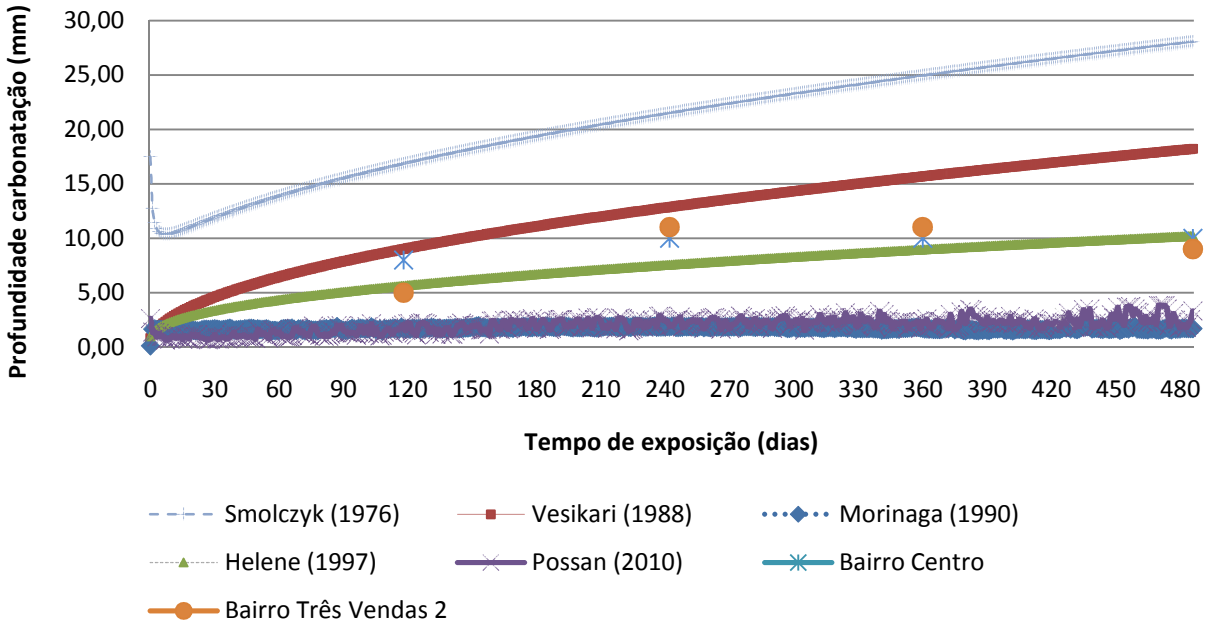

Figura 56 - Modelos de carbonatação com C = 0,9%.

Fonte: autora.

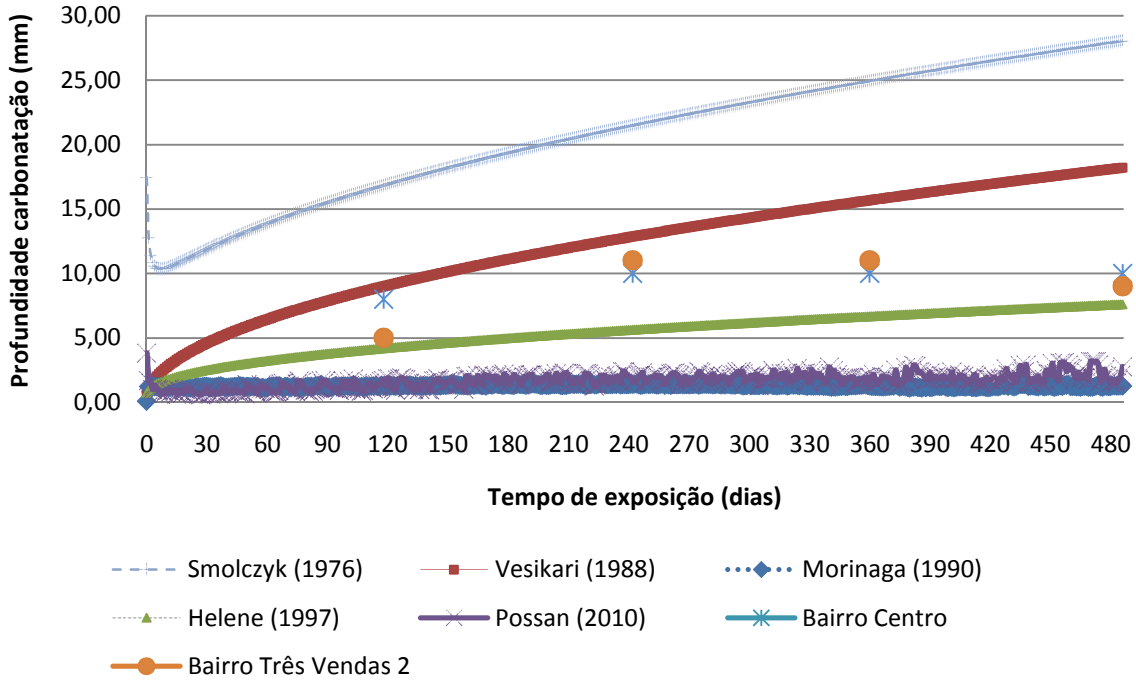

Figura 57 - Modelos de carbonatação com C = 0,5%.

Fonte: autora.

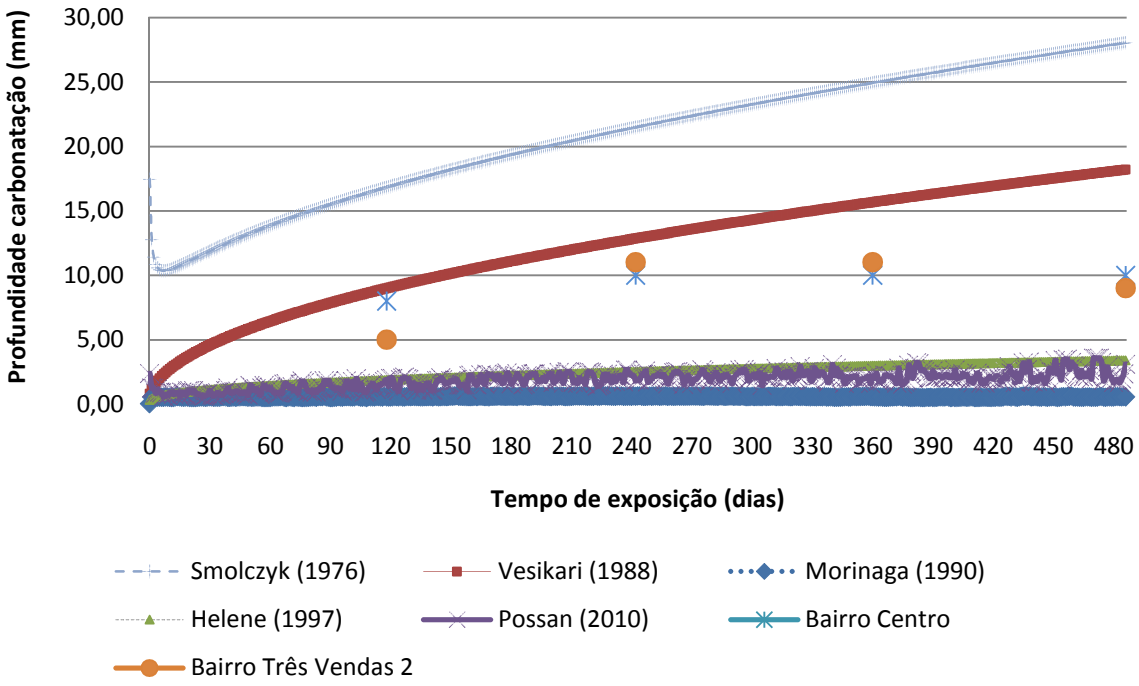

Figura 58 - Modelos de carbonatação com C = 0,1%.

Fonte: autora.

Os valores encontrados no ensaio natural encontram-se melhores representados pelo modelo de Helene (1997b), para concentração de CO_2 de 1,2%, estando próximos também dos valores obtidos para CO_2 de 0,9%. Como forma de comparar os resultados do ensaio natural com outro modelo além do proposto por Helene (1997b), será analisado também o modelo de Vesikari (1988) que não leva em consideração esta variável, tendo o mesmo comportamento independente da concentração de CO_2 analisada. Os resultados e os parâmetros de entrada destes dois modelos podem ser vistos no Apêndice C.

O modelo de Vesikari (1988), não leva em consideração de forma direta o ambiente de exposição e sim através de um coeficiente de majoração caso a estrutura esteja em ambiente desprotegido. Quanto ao concreto utilizado, o modelo considera a relação água/cimento.Para o bairro Centro a profundidade encontrada no ensaio natural após 4 meses (8mm) foi obtida através do modelo após 94 dias de exposição. Para este bairro, a profundidade após 8, 12 e 16 meses de exposição natural foi de 10mm, valor este encontrado na aplicação do modelo após 147 dias.Para o bairro Três Vendas 2, no primeiro período de exposição natural, foi encontrada a profundidade de 5mm, sendo obtido no modelo o valor de 5,02mm aos 37 dias. Neste local, o resultado encontrado após 8 e 12 meses foi de 11mm, sendo 11,01mm encontrado na aplicação do modelo com 178 dias. Porém, aos 16 meses de exposição natural ocorreu o decréscimo em relação ao ensaio anterior, sendo encontrada a profundidade de 9mm. Este fato não ocorre ao analisar o modelo aplicado, encontrando-se este valor aos 119 dias.

Já o modelo de Helene (1997b), assim como o modelo anterior, não leva em consideração características climáticas, considerando do ambiente de exposição somente a concentração de CO_2, a qual será analisada para 1,2% e 0,9%. Em relação ao concreto utilizado, o modelo leva em consideração a resistência à compressão. Para a concentração de CO_2de 1,2%, para o bairro Centro, o valor de 8mm encontrado após 4 meses no ensaio natural, foi obtido no modelo no 2º período aos 197 dias de exposição, onde o concreto possuía resistência média de 32,24MPa. A profundidade após 8, 12 e 16 meses de exposição natural para este local, foi de 10mm, valor este encontrado na aplicação do modelo após 334 dias com resistência média de 33,32 MPa. Em relação ao bairro Três Vendas 2, onde no primeiro período de exposição natural, a profundidade encontrada foi de 5mm, no modelo obteve-se o valor de 5,01mm aos 61 dias e resistência média de 28,76

MPa.Após 8 e 12 meses foi encontrado para este local 11mm no ensaio natural, sendo 10,99mm encontrado na aplicação do modelo com 415 dias e resistência média de 33,70MPa e 11,01mm após 416 dias e mesma resistência. Aos 16 meses de exposição natural ocorreu o decréscimo em relação ao ensaio anterior, sendo encontrada a profundidade de 9mm, valor encontrado pelo modelo após 261 dias e f_c de 32,85 MPa.

Para a concentração de 0,9% de CO_2 no ambiente, o valor de 8mm encontrado após 4 meses no ensaio natural, foi obtido no modelo no 3º período aos 277 dias de exposição, onde o concreto possuía resistência média de 32,97 MPa. A profundidade após 8, 12 e 16 meses de exposição natural para este local, foi de 10mm, valor este encontrado na aplicação do modelo após 464 dias com resistência média de 33,89 MPa. Em relação ao bairro Três Vendas 2, onde no primeiro período de exposição natural, a profundidade encontrada foi de 5mm, no modelo obteve-se este valor aos 88 dias e resistência média de 30,02 MPa.Após 8 e 12 meses foi encontrado para este local 11mm no ensaio natural, não sendo observado este valor com a aplicação do método, onde a maior profundidade carbonatada foi de 10,21mm no último dia analisado (487 dias) e resistência média de 33,96 MPa. Aos 16 meses de exposição natural ocorreu o decréscimo em relação ao ensaio anterior, sendo encontrada a profundidade de 9mm, valor encontrado pelo modelo após 365 dias e resistência média de 33,48 MPa.

Fazendo-se uma avaliação de forma geral, para a cidade de Pelotas, foram aplicados os modelos de Vesikari e Helene para cada período de exposição dos corpos-de-prova. Para tanto foram utilizadas relação a/c de 0,6, concentração de CO_2 de 1,2% e 0,9% no ambiente, e resistência a compressão média de todos os locais para cada período de exposição. Os resultados estão apresentados na figura 60.

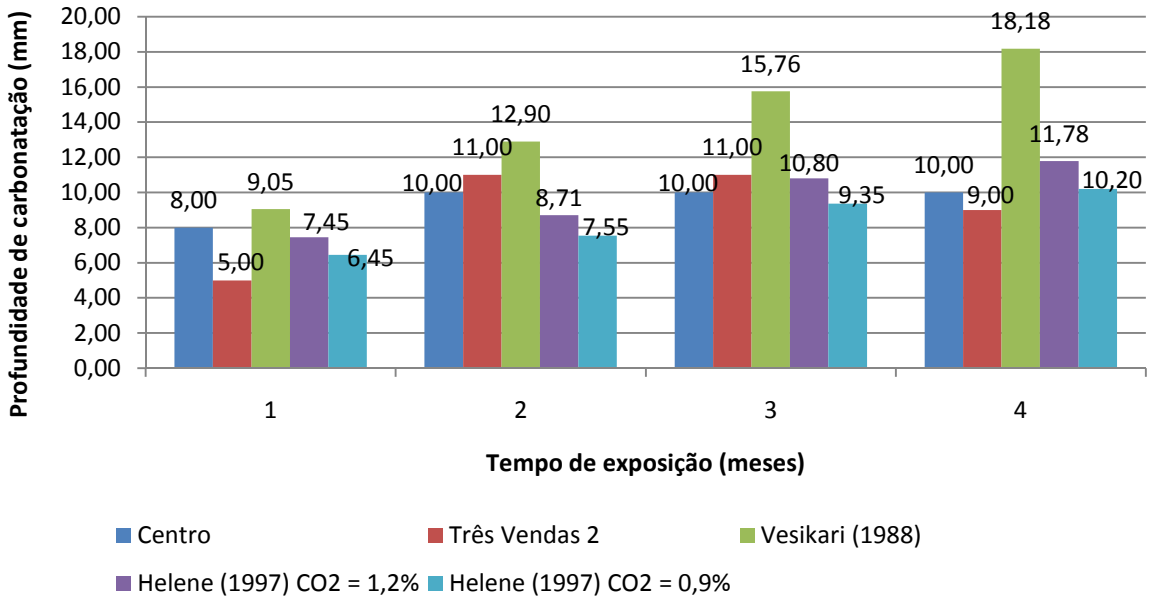

Figura 59 - Comparação dos resultados do ensaio natural com o modelo de Vesikari (1988) e Helene (1997b).

Fonte: autora.

Analisando os resultados, percebe-se que para o modelo de Vesikari (1988) em todos os períodos analisados, os valores encontrados ultrapassaram os do ensaio natural. Isto pode ser devido ao modelo em questão não avaliar as reais condições em que as estruturas estarão expostas, sendo utilizado um coeficiente de majoração e sendo o tempo a variável de maior influência. Já o modelo de Helene (1997b) apresentou melhores resultados se comparado com o ensaio natural em todos os períodos para a concentração de CO_2 de 1,2%. O resultado mais próximo encontrado foi para este modelo aos 4 meses em relação ao bairro Centro, seguido do valor obtido aos 12 meses para este mesmo local. Para este bairro a maior diferença encontrada foi aos 16 meses, sendo de 1,78mm. Já para o bairro Três Vendas 2, a maior diferença foi neste mesmo período, sendo esta de 2,78mm. Para a concentração de CO_2 de 0,9%, o modelo obteve melhor resultado para o primeiro período para o bairro Três Vendas 2. No último período, para este mesmo bairro, também foi obtido o melhor resultado, sendo a diferença encontrada de 1,20mm.

Quanto ao modelo de Helene (1997b) ser o que melhor representou o comportamento encontrado no ensaio natural, pode-se concluir que a resistência à compressão exerceu grande influência na profundidade carbonatada. Neste sentido, Possan (2010) afirma que quando a resistência é inferior a 40 MPa, a profundidade

de carbonatação sofre grandes elevações, tornando-se fortemente influenciável por esta variável, devido a relação água/aglomerante em concretos com baixa resistência ser mais elevada (superior a 0,50), aumentando a quantidade e conectividade dos poros e facilitando o ingresso de CO_2 no concreto. Ainda segundo a autora, o efeito do tipo de cimento para um nível de resistência de 20MPa ocasiona em uma profundidade de carbonatação 30% maior, caso o concreto seja produzido com cimentos CP IV e CP III, comprovando que a interação da resistência a compressão com o tipo de cimento possui influência significativa na profundidade de carbonatação do concreto.

5 Conclusões e Considerações finais

A partir do estudo realizado do comportamento de elementos de concreto, frente à penetração de cloretos e CO_2 através da exposição em ambiente real, e a compatibilização destes resultados com modelos de previsão de vida útil existentes na literatura, algumas considerações podem ser apontadas, conforme segue.

Primeiramente, pode-se relacionar o ganho de resistência do concreto com as reações que se processam entre o aglomerante e a água e com a maior penetração de agentes agressivos nas primeiras idades dos corpos-de-prova onde eles possuíam ainda a água de amassamento, havendo então bastante umidade.

Em relação aos resultados encontrados no ensaio natural tanto para penetração de cloretos quanto para carbonatação, ocorreu conforme o esperado, uma tendência de aumento entre a primeira medição feita após 4 meses de exposição e a última após 16 meses para todos os locais analisados. Para os dois agentes agressivos, a profundidade penetrada ao longo do tempo não seguiu uma relação linear, sendo a linha de tendência polinomial de quarto grau a que melhor descreveu o comportamento para todos os locais.

Os valores obtidos para a penetração de cloretos demonstram que a cidade de Pelotas, apesar de ser afastada do ambiente marítimo, favorece o avanço deste agente agressivo para o interior do concreto devido a elevada umidade e variações de temperatura que acarretam em ciclos de molhagem/secagem do concreto, facilitando a absorção e avanço de cloretos no interior da estrutura.

Os resultados da penetração de CO_2 indicaram que a cidade de Pelotas facilitou a entrada e o avanço deste agente agressivo no interior do concreto devido à elevada umidade relativa e temperatura em alguns períodos analisados. Porém, percebe-se também que após os 16 meses de exposição ocorreu para todos os locais uma baixa variação na profundidade, provavelmente ocasionada pela umidade e precipitação excessiva que acarretaram na saturação dos poros. É importante salientar que a cidade do estudo possui períodos de concentrações críticas de poluentes no ar, contribuindo para o processo de carbonatação nas estruturas.

Com o uso da análise estatística constatou-se que a variável tempo interferiu significativamente nos resultados de exposição frente à penetração de cloretos e CO_2, enquanto que a mudança entre bairros e a interação entre os locais e o tempo não influenciou. Através do teste de comparações múltiplas foi encontrada diferença significativa entre o local Três Vendas 1 com os locais Porto e Três Vendas 2 para penetração de cloretos e entre o bairro Centro e Três Vendas 2 para carbonatação.

Ao aplicar o modelo de previsão de vida útil de Bob (1996) para analisar a penetração de cloretos, foi possível perceber que para todos os locais a opção que melhor se adequou aos valores encontrados no ensaio natural foi utilizando o parâmetro d = 2, ou seja, com a relação entre a concentração crítica e a concentração superficial de cloretos na estrutura variando de 0 a 19. Conclui-se que o modelo de Bob (1996) apresentou diferenças entre os valores obtidos com sua aplicação e os dados do ensaio natural, porém apresentou boa aderência aos dados observados mostrando-se adequado para algumas situações, demonstrando grande potencial em descrever o comportamento da profundidade de cloretos ao longo do tempo para a cidade de Pelotas, sendo necessários alguns ajustes nos parâmetros de entrada.

Em relação ao processo de carbonatação, com a aplicação dos modelos de previsão de vida útil, foi possível observar que os melhores resultados foram encontrados com o modelo de Helene (1997b) para a concentração de CO_2 no ambiente de 1,2%, com bons resultados também para a concentração de 0,9%. De forma geral, este modelo demonstrou uma boa capacidade em descrever o efeito da carbonatação no concreto ao longo do tempo para a cidade de Pelotas/RS. Já o modelo de Vesikari (1988), também analisado, não representou o comportamento obtido no ensaio natural, apresentando valores mais elevados.

Assim, percebe-se que dentre todos os modelos de previsão e os diferentes parâmetros de entrada, somente o modelo de Helene (1997b) possui potencial para descrever o comportamento da penetração de CO_2 em estruturas de concreto na cidade de Pelotas, enquanto o modelo de Bob (1996) pode ser utilizado com alguns ajustes para análise da penetração de cloretos em concreto na cidade em questão.

5.1 Sugestões para trabalhos futuros

O presente trabalho evidenciou alguns aspectos que merecem estudos mais aprofundados referentes tanto ao ensaio natural em si, quanto na aplicação de modelos de previsão de vida útil, ambos utilizados como forma de avaliar a penetração de cloretos e CO_2 em estruturas de concreto. Desta forma, com o objetivo de dar continuidade e aprimorar o estudo realizado, são apresentadas a seguir sugestões para trabalhos futuros.

- Determinação da profundidade de penetração de cloretos e CO_2 em estruturas de concreto para idades mais avançadas e em mais locais de exposição de forma a consolidar o fenômeno natural para a cidade de Pelotas;
- Exposição em ambiente natural de amostras de concreto com características diferentes, como forma de avaliar a influência do material na penetração de cloretos e CO_2;
- Realizar a coleta de dados em estruturas reais a fim de comparar com os resultados obtidos no ensaio natural deste trabalho e de aprimorar a previsão de vida útil de estruturas de concreto na cidade de Pelotas;
- Aprimorar o modelo de Bob (1996) para a análise da penetração de cloretos em estruturas de concreto na cidade de Pelotas para uma melhor adequação às variáveis climáticas da cidade;
- Aplicação de outros modelos de previsão de vida útil que caracterizem de forma mais aproximada o comportamento das estruturas de concreto frente aos agentes agressivos estudados;
- Analisar a penetração de cloretos e CO_2 em estruturas de concreto de outras cidades como forma de mapear a degradação em ambiente urbano de diferentes características;
- Criação de um banco de dados com resultados de diferentes locais, concretos, locais de exposição e modelos propostos como forma de auxiliar definições de projeto para novas estruturas e estudos de edificações já existentes.

Referências

ALVES,A.M.C. **Contribuição à análise da perspectiva de vida útil de estruturas em concreto face ao teor de cloreto registrado em Maceió – AL.** 2007.121f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Alagoas, Maceió.

ANACTA,E. **Modeling the depth of chloride ingress and time to initiate corrosion of RC exposed to marine environment.** 2009. Tese (Ph.D Dissertation) – Institute of Civil Engineering, University of the Philippines, Diliman, Quezon City.

ANDRADE, J.J.O. **Contribuição a previsão da vida útil das estruturas de concreto armado atacadas pela corrosão de armaduras: Iniciação por cloretos.** 2001.277f. Tese (Doutorado em engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos.** NBR 5739. Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto e execução de obras de concreto armado – Procedimento.** NBR 6118. Rio de Janeiro, 2014.

BALESTRA, C.E.T.; LIMA,M.G.; MEDEIROS JÚNIOR,R.A.; MONTEIRO, A. J.A.E. Parâmetros ambientais e materiais que afetam a penetração de cloretos em estruturas de concreto – estudo de caso da Ilha dos Arvoredos. **Revista eletrônica de engenharia civil**, v.12, nº 1, p.270 – 282, 2017. Disponível em <https://www.revistas.ufg.br/reec/article/view/43054 > Acesso em 15 jun. 2017.

BARBOSA, F.R.; MOTA,J.M.; COSTA E SILVA,A.J.; FRANCO, A.P.G.; CARVALHO, J.R. Corrosão de armadura em estruturas de concreto armado devido ao ataque de íons cloreto. **54º Congresso Brasileiro do Concreto**, IBRACON, Maceió, 2012.

BAZZAN, G.C.G. **Análise do cobrimento e carbonatação em obras de arte especiais no estado de São Paulo.** 2014.151f. Monografia (Pós-graduação) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

BERTOLINI, L. **Materiais de construção: patologia, reabilitação, prevenção.** Tradução Leda Maria Marques Dias Beck. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

BOB, C.; BOB,L. On the service life of concrete structures.**Proc. International Conference on Diagnosis of concrete structures, RILEM**,Bratislava, Rep. Eslovaca, p. 440-443, 1991.

BOB,C. Probabilistic assessment of reinforcement corrosion in existing structures. In: **International conference: concrete repair, rehabilitation and protection.** Proceedings, Dundee, 1996, p.17-28.

BORBA JÚNIOR,J.C. **Agressividade ambiental em zona de atmosfera marinha: estudo da deposição de cloretos e sua concentração em concretos na região sudeste.** 2011. 150f. Dissertação (Mestrado em engenharia civil) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória.

CADORE, W. **Estudo da carbonatação da camada de cobrimento de protótipos de concreto com altos teores de adições minerais e cal hidratada.** 2008. 150f. Dissertação (Mestrado em engenharia civil) – Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria.

CÁNOVAS, M.F. **Patologia e terapia do concreto armado.** São Paulo: Pini, 1988.

CARMONA, T.G. **Modelos de previsão da despassivação das armaduras em estruturas de concreto sujeitas à carbonatação.** 2005. 103f. Dissertação (Mestrado em engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

CASCUDO, O. **O controle da corrosão das armaduras em concreto: inspeção e técnicas eletroquímicas**. São Paulo: PINI, 1997.

CASCUDO, O.; CARASEK,H. Ações da carbonatação no concreto. In: ISAIA,G.C. (cord.) **Concreto: Ciência e Tecnologia**. 1º ed. São Paulo: IBRACON, v.1, p. 849-885, 2011.

CAVALCANTI FILHO, A.N. **Contribuição ao controle tecnológico de concretos estruturais de cimento Portland em ambientes marítimos.** 2010.368f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade de São Paulo, São Paulo.

CLEAR,K.C.; HAY,R.E. **Time to corrosion of reinforcing steel in concrete slabs.** Federal Highway Administration, Report FHWA/RD 73/32.Washington, D.C., 1973, p.361-373.

COLLISCHONN,E. Adentrando a cidade de Pelotas/RS para tomar – lhe a temperatura. **Revista do Departamento de Geografia USP**, v.especial,p.9-23, 2016.

COMISIÓN PERMANENTE DEL HORMIGÓN. **EHE: Instrucción de Hormigón Estructural. Ministério de obras públicas e urbanismo**. Madri, Espanha, 2008.

DURACRETE. **Probabilistic performance based durability design of concrete structures.** The European Union – BriteEuRam III, 1999, 86p.

ENRIGHT,M.; FRANGOPOL,D. Service life prediction of deteriorantig concrete bridges. **Journal of Structural Engineering,** v. 124, nº 3, 1998, p. 309-317.

ESTAÇÃO AGROCLIMATOLÓGICA DE PELOTAS. “Boletim Agroclimatológico”. Disponível em < http://agromet.cpact.embrapa.br/estacao/boletim.php> Acessado em: 15.jan.2016.

FIGUEIREDO, E.P; MEIRA, G. **Corrosão das armaduras das estruturas de concreto**. Boletim Técnico 06, México, 2013.

FIGUEIREDO, C. **Estudo da carbonatação em estruturas de concreto armado em Brasília – Avaliação de pilares.** 2004. 240f. Tese (Doutorado em estruturas e construção civil) – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília.

FORTES,L.R. **Corrosão na armadura do concreto armado e sua avaliação pela técnica do potencial de eletrodo.** 1995.244f. Dissertação (Mestrado)- Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

FORTES,L.R.; ANDRADE,J.C. **Corrosão na armadura do concreto armado: influência dos agentes cloretos e da carbonatação.** 2001. Disponível em <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAej-kAL/corrosao-na-armadura-concreto-armado> Acesso em 15 mai. 2016.

FREIRE,K.R.R. **Avaliação do desempenho de inibidores de corrosão em armaduras de concreto.** 2005. 211f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

GENTIL,V. **Corrosão**. Rio de Janeiro:LTC, 2003.

GOMES,N.A.; SALES, A. Avaliação da carbonatação do concreto em obras interrompidas na cidade de Ribeirão Preto. In: I Congresso latino-americano de construção sustentável e x encontro nacional de tecnologia do ambiente construído.**Anais...**São Paulo, 2004.

HAMADA,M. Neutralization of concrete and corrosion of reinforcing steel. In :5th International Symposyum on the Chemistry of Cement. **Proceendings…**Tokyo, v.3, p.346-351, 1969.

HELENE, P. **Contribuição ao estudo da corrosão e armaduras de concreto armado**.1993.231p. Tese (Livre Docência) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

HELENE, P. Introdução da durabilidade no projeto das estruturas de concreto. **Ambiente Construído**, São Paulo, v.1, n.2, p.47-57, 1997a.

HELENE,P. Vida útil das estruturas de concreto. In: IV Congresso iberoamericano de patologia das construções. **Anais...**Porto Alegre, 1997b.

HO,D.W.S.; LEWIS,R.K. Carbonation of concrete and its prediction. **Cement and Concrete Research,** v.17, 1987.

HOPPE, T.F. **Resistividade elétrica de concretos contendo diferentes teores de cinza de casca de arroz**. 2005. 146f. Dissertação (Mestrado em engenharia civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

HOUST,Y.F; WITTMANN,F.H. Depth profiles of carbonates formed during natural carbonation. **Cement and Concrete Research**, v.32, p.1923-1930, 2002.

JIANG,L.;LIN,B.;CAI,Y. A model for predicting carbonation of high – volume fly ash concrete.**Cementand Concrete Research**, v.30, p.699 – 702, 2000.

JOHN,M.V.; SATO,N.M.N. **Durabilidade de componentes das construção**. Coletânea Habitare.Porto Alegre, v.7, p. 20 – 72, 2006.

KONDRATOVA,I.L.etal.Natural marine exposure results for reinforced concrete slabwithc orrosion inhibitors. **Cement and Concrete Research**, v.25, p.483 - 490, 2003.

LIANG,M.T; WANG,K.L.;LIANG, C.H.Service life prediction of reinforced concrete structures. **Cement and concrete research**,v.29, p.1411-1418, 1999.

LINDVALL,A. Chloride ingress data from Field and laboratory exposure – influence of salinity and temperature. **Cement and Concrete Research**, v.29,p.88-93,2007.

LÓPEZ,T.P.; CANTO,G. MOO-YAM,V.M.; REYES,J.; PÉREZ-QUIROZ,J.T.;GENESCÁ,J. Analysis of the infiltration of chloride ions into concrete samples and its role in the corrosion onset of embedded steel rebars. **International Journal Electrochemical science**, v.7,p.426-436, 2012.

MADRID, J.A.C.; ZAPATA, M.B.; ACOSTA, A.A.T.; BORGES, P.C. Effect of tropical marine microclimates on depassivation and corrosion-induced cracking of reinforced concrete. **International Journal Electrochemical science**, v.9,p.8211-8225, 2014.

MANGAT,P.S; KHATIB,J.M.; MOLLOY, B.T. Microestruture, chloride diffusion and reinforcement corrosion in blended cement paste and concrete. **Cement and Concrete composites**, v.16,p.73-81, 1994.

MEDEIROS JÚNIOR, R.A. **Estudo da influência das mudanças climáticas na penetração de cloretos em estruturas de concreto localizadas em ambiente marítimo.** 2011. 191f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós- graduação em Engenharia Aeroportuária, Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos.

MEJLBRO,L. The complete solution od Fick's second law of diffusion with time - Dependent Diffusion Coefficient and Surface Concentration. In Durability of concrete in saline environment. **Proceedings…**P. Sandberg (Ed.) Lund, May 1996, p.127 – 158.

MIDGLEY,M.;ILLSTON,H. The penetration of chlorides into hardened cement pastes. **Cement and Concrete Research**, v.14, nº4, 1984, p.546-558.

MORENO, E.I; CARCAÑO, R.S.; NOVELO,R.M. Corrosion of beach concrete housing in the yucatan peninsula. **International Journal of Electrochemical Science,** v. 9, p.1355-1365, 2014.

MORINAGA, S. Prediction of service lives of reinforced concrete buildings based on the corrosion rate of reinforcing steel. In: 5th International Conference – Durability of Building Materials and Componentes. **Proceedings…** Brighton, Reino Unido, p. 5 – 16, 1990.

MOTA, J.M.F.; SILVA, A.J.C.; BARBOSA, F.R.; ANDRADE, T.W.C.O.; DOURADO, K.C.A. Avaliação da contaminação por íons cloreto em amostras de concreto submetidas a condições agressivas.In: Congresso internacional sobre patologia y recuperación de estructuras, 6, 2010, Córdoba, México. **Anais...**Córdoba, México, 2010.

NERI, K.D.; MEIRA,G.R.; VILAR, E.O. Estudo de corrosão do concreto armado submetido ao ataque de cloretos e sulfatos.In: IX Congresso internacional sobre patologia y recuperación de estructuras.**Anais...**João Pessoa, 2013.

NEVILLE, A. **Propriedades do concreto**. São Paulo: PINI, 1997.

PAGANO, M.; GAUVREAU, K. **Princípios da bioestatística**. 2ºed. São Paulo: Ed. Thomson, 2004.

PARROT,L.J. **A review of carbonation in reinforced concrete.** Cement and Concrete Association, report C/1-0987, July, 1987.

PEREIRA,L.F.C; CINCOTTO,M.A. **Determinação de cloretos em concreto de cimentos Portland: influência do tipo de cimento.** São Paulo: EPUSP, 2001

(Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, BT/PCC/294).

POLITO, G. **Corrosão em estruturas de concreto armado: causas, mecanismos, prevenção e recuperação.** 2006. 191f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Avaliação e Perícia), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

POSSAN, E. **Contribuição ao estudo da carbonatação do concreto com adição de sílica ativa em ambiente natural e acelerado.** 2004. 155 f. Dissertação (Mestrado em engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

POSSAN, E. **Modelagem da carbonatação e previsão de vida útil de estruturas de concreto em ambiente urbano.** 2010. 265 f. Tese (Doutorado em engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

POULSEN,E.; MEJLBRO,L. **Diffusion of chloride in concrete – theory and application**. New York :Taylor and Francis, 2006.

RAISDORFER,J.W.; SOUZA,D.J.; KRUCHELSKI,N.; NIKKEL,S.; TORRE, E.M.; LENCZUK,B.T.; MEDEIROS,M.H.F. Carbonatação – Previsão da vida útil das obras de artes especiais. In: 44º Reunião anual de pavimentação; 18º Encontro nacional de conservação rodoviária e 4º ExpoPavimentação. **Anais...**Foz do Iguaçu, 2015.

REAL, L.V.; OLIVEIRA, D.R.B.; SOARES,T.; MEDEIROS,M.H.F. Método colorimétrico por aspersão de nitrato de prata para avaliação da penetração de cloretos em concreto: estado da arte. **Revista Alconpat**, v.5, nº2, p.149 – 159, 2015.

ROCHA, F.C.; CAMPOS,H.F.;ANDRADE,T.S.; ROQUITSKI,A.; MEDEIROS, M.H. Influência da espessura de cobrimento e da contaminação por cloretos nas leituras de potencial de corrosão de armaduras. **Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v.8, n.2, p.43-53, 2014. Disponível em <https://revistas.ufg.br/index.php?journal=reec&page=article&op=view&path%5B%5D=26968&path%5B%5D=16463>. Acesso em 08 jan. 2016.

ROMANO,F.S. **Estudo do ingresso de cloretos em estruturas de concreto no Litoral Norte do Rio Grande do Sul.** 2009. Dissertação (Mestrado em engenharia) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

SABINO,M.A. **Avaliação da carbonatação em pilares de concreto armado em garagens: estudo de caso**. 2014.78f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas, Brasília.

SANTOS, F.S.; RANGEL, E.M.; GARCIA, J.F.C.; SANCHES FILHO,P.J. Estudo das características físico-químicas da água do Canal Prolongamento da Av. Bento Gonçalves – Pelotas – RS. In: Congresso norte nordeste de pesquisa e inovação.**Anais...**Palmas, 2012.

SARTORI,B.R.C. **Estudo da carbonatação em concretos com agregado graúdo reciclado de concreto e cinza de casca de arroz.** 2013.120f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós- graduação em Engenharia Civil, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo.

SCHIESSL, P. **Zurfrage der zulässigenrissbreiteund der erforderlichenbetondeckungimstahlbetonbauunterbesondererberücksichtigung derkarbonatisierungdesbetons**. DeutscherAusschussfurStahlbeton, Heft 255, Berlin, Alemanha, 175, p.1976.

SCHNEIDER,J.A. **Penetração de cloretos em concretos com escória de alto forno e ativador químico submetidos a diferentes períodos de cura.** 2005.155f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós- Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

SILVA, C.A.; GUIMARÃES,A.T.C. Avaliação de modelo de difusão considerando a variação no tempo do teor de cloretos na superfície do concreto. **Revista Matéria**, v.19, n.2, p.81-93, 2014.

SILVA,F.G.S. **Estudo de concretos de alto desempenho frente à ação de cloretos.** 2006.236f.Tese(Doutorado em Ciência e Engenharia dos Materiais) – Área de Interunidades em Ciência e Engenharia dos Materiais, Universidade de São Paulo, São Carlos.

SILVA, K.L.A.; ALONSO, M.F.; OLIVEIRA,L.P. Análise das emissões atmosféricas de fontes móveis para a cidade de Pelotas – RS. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 38, p. 347-353, 2016.

SILVA, L.S.N. **Avaliação de concretos estruturais produzidos segundo as prescrições da NBR 6118, quando submetidos a ensaios de penetração de cloretos.** 2010. 67f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

SILVA, P.F.A. **Durabilidade das estruturas de concreto aparente em atmosfera urbana.** São Paulo: Pini, 1995.

SILVA,T.J. **Predicción de la vida útil de forjados unidireccionales de hormigón mediante modelos matemáticos de deterioro.**1998.290f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola técnica superior d'enginyers de Camins, Universidade Politécnica da Catalunnya, Barcelona.

SMOLCZYK,H.G. Written discussion proc. Of the: **fifth international symposium on the chemistry of cement,** part III, v. III, Tokio, 1969, p.369-383.

SMOLCZYK,H.G. Physical and chemical phenomena of carbonation.RILEM Colloquium on carbonation of concrete. **Anais…**Athénes, 1976.

SOUZA, M.F. **Qualidade da água do canal São Gonçalo Rs/Brasil – uma avaliação hidroquímica e considerando seus usos múltiplos**. 2015. 105f. Dissertação (Mestrado em recursos hídricos) – Programa de Pós Graduação em Recursos Hídricos, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

SOUZA,V.;RIPPER,T. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto.**São Paulo: Pini, 2009.

SPIEGEL, M.R. **Estatística**. 3º Ed. São Paulo: Ed. Makron Books, 1993.

SZCZEPANIAK, R.F. **Biomonitoramento e avaliação da atividade antioxidante e níveis de acetilcolinesterase no sistema nervoso central de animais expostos à poluição atmosférica da cidade de Pelotas – RS**. 2014.83f. Dissertação (Mestrado em ciências) – Programa de Pós Graduação em Bioquímica e Bioprospecção, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

TORRES,A.S. **Avaliação da sensibilidade do ensaio CAIM – corrosão acelerada por imersão modificada – frente ao processo de corrosão em armaduras de concreto armado.** 2006.159f. Dissertação (Mestrado em engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

UJI,K.; YASUNORI,M.; TSUYOSHI,M. Formulation of an equation for surface chloride content of concrete due to permeation of chloride. In: Corrosion of Reinforcement in Concrete. Ed. C.L.Page. **Proceedings…**London, 1990, p.285-297.

VESIKARI, E. **Service life prediction of concrete structures with regard to corrosion of reinforcement.**Technical research centre of finland. Finland, report n 553, 1988, 53p.

VIEIRA, F.M.P **Contribuição ao estudo da corrosão de armaduras em concretos com adição de sílica ativa.** 2003.242f. Tese (Doutorado em engenharia), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

YAMAMOTO, A.; MOTOHASHI,K.; MISRA,S.;TSUTSUMI,T. Proposed durability design for RC marine structures. In: Concrete Under Severe Conditions. Environment and Loading.Sakai, Banthia and GjΦrv (Eds.).**Proceedings** , E &FN Spon, 1995, p.544-553.

Apêndices

APÊNDICE A - Variáveis climáticas diárias durante os períodos analisados

Período	Dia	Tmáx (°C)	Tmín (°C)	T med (°C)	UR (%)	Precipitação (mm)
1º Período	29/05/2014	20,4	5,3	12,85	89,3	0,0
	30/05/2014	22,2	9,7	15,95	89,3	0,0
	31/05/2014	17,4	14,4	15,9	83,3	4,9
	01/06/2014	16,8	12	14,4	90,8	17,0
	02/06/2014	19,2	8,7	13,95	78,5	0,0
	03/06/2014	20,6	6,2	13,4	85,5	0,0
	04/06/2014	20,6	5,6	13,1	86,5	3,8
	05/06/2014	15,8	13	14,4	97,0	6,6
	06/06/2014	19,8	11,6	15,7	89,8	2,4
	07/06/2014	18	9,7	13,85	94,0	3,3
	08/06/2014	17,2	9,6	13,4	84,5	0,0
	09/06/2014	20	2,1	11,05	84,5	0,0
	10/06/2014	19	3,8	11,4	89,8	0,0
	11/06/2014	21,1	11,2	16,15	85,0	0,0
	12/06/2014	24,6	15,2	19,9	85,8	0,0
	13/06/2014	20,4	12,3	16,35	95,5	4,9
	14/06/2014	17,4	10,6	14	84,0	16,6
	15/06/2014	19,9	6,3	13,1	87,0	0,0
	16/06/2014	20,8	13,2	17	93,0	0,0
	17/06/2014	17	8,6	12,8	81,0	1,3
	18/06/2014	14,2	6,2	10,2	79,8	0,0
	19/06/2014	13,8	4,6	9,2	86,8	0,0
	20/06/2014	16	0,8	8,4	81,3	0,0
	21/06/2014	16,4	1,4	8,9	90,8	0,0
	22/06/2014	17,4	7,8	12,6	91,3	0,0
	23/06/2014	19,9	12,1	16	94,3	0,0
	24/06/2014	18	12,9	15,45	96,0	0,0
	25/06/2014	16,2	13,4	14,8	98,5	7,9
	26/06/2014	17,5	13	15,25	96,0	9,9
	27/06/2014	17,3	14,9	16,1	92,3	3,1
	28/06/2014	19	13,9	16,45	83,0	0,0
	29/06/2014	16,6	14,8	15,7	95,8	47,6
	30/06/2014	15,8	13,4	14,6	97,5	16,8
	01/07/2014	14,8	11,8	13,3	92,0	0,3
	02/07/2014	17	10,9	13,95	90,0	0,0
	03/07/2014	18,8	11,8	15,3	94,8	0,0
	04/07/2014	22,2	15,5	18,85	96,8	11,6
	05/07/2014	20,6	17,6	19,1	92,8	38,0
	06/07/2014	22	10	16	84,5	12,2
	07/07/2014	17,2	4,6	10,9	78,0	0,0
	08/07/2014	17,6	7,2	12,4	91,0	0,0
	09/07/2014	18,6	7,9	13,25	91,0	0,0

	10/07/2014	17,8	12,3	15,05	89,0	0,0
	11/07/2014	19,2	8,4	13,8	89,0	0,0
	12/07/2014	20,5	13,3	16,9	87,8	0,0
	13/07/2014	18,4	15,5	16,95	93,8	0,0
	14/07/2014	23,8	15,4	19,6	92,5	7,2
	15/07/2014	22,7	14,9	18,8	90,5	0,0
	16/07/2014	21,8	14,5	18,15	94,0	1,4
	17/07/2014	16,6	14,4	15,5	98,0	28,6
	18/07/2014	17,6	12	14,8	72,5	12,5
	19/07/2014	18,5	8,8	13,65	78,5	0,0
	20/07/2014	21,8	7	14,4	87,0	0,0
	21/07/2014	21,9	7,5	14,7	83,0	0,0
	22/07/2014	21,9	11,4	16,65	89,5	10,4
	23/07/2014	18,1	14,4	16,25	97,8	49,9
	24/07/2014	11,8	8,6	10,2	82,3	8,2
	25/07/2014	13,1	4,1	8,6	75,3	0,0
	26/07/2014	15,3	3,5	9,4	81,5	0,0
	27/07/2014	13,2	3,7	8,45	85,8	0,0
	28/07/2014	15,1	1,4	8,25	82,3	0,0
	29/07/2014	20,9	9,5	15,2	89,0	0,0
	30/07/2014	22	14,8	18,4	92,8	23,4
	31/07/2014	23,6	12,8	18,2	93,8	0,0
	01/08/2014	21	15,7	18,35	95,3	10,4
	02/08/2014	21,6	15,8	18,7	95,5	5,0
	03/08/2014	25,9	14,6	20,25	91,8	7,8
	04/08/2014	16,6	10	13,3	73,8	21,8
	05/08/2014	14,9	3,4	9,15	72,3	0,0
	06/08/2014	23,6	7,8	15,7	81,5	0,0
	07/08/2014	22	10,8	16,4	85,0	3,8
	08/08/2014	16,4	6,2	11,3	81,5	0,0
	09/08/2014	16,8	2,7	9,75	88,5	0,0
	10/08/2014	24,6	11,2	17,9	89,0	1,6
	11/08/2014	16,8	11,2	14	94,0	13,2
	12/08/2014	16,2	6,4	11,3	75,8	0,7
	13/08/2014	13,9	4,4	9,15	64,3	0,0
	14/08/2014	16,7	2,4	9,55	71,3	0,0
	15/08/2014	17,5	1,9	9,7	87,0	0,0
	16/08/2014	19,2	9,8	14,5	92,7	0,0
	17/08/2014	19,8	11,8	15,8	91,5	0,0
	18/08/2014	17,4	15	16,2	95,5	1,0
	19/08/2014	23,2	12,6	17,9	90,8	0,0
	20/08/2014	16,5	11,6	14,05	95,5	0,0
	21/08/2014	25,6	12,3	18,95	91,0	0,0
	22/08/2014	27	9,7	18,35	84,5	0,0
	23/08/2014	23,2	13,3	18,25	88,0	0,0

	24/08/2014	32,1	16,1	24,1	67,0	0,0
	25/08/2014	23,9	9,8	16,85	77,5	0,6
	26/08/2014	14,1	9,3	11,7	67,5	0,0
	27/08/2014	13,7	6,3	10	82,5	0,0
	28/08/2014	15,6	3,9	9,75	85,3	0,0
	29/08/2014	18	5,4	11,7	88,3	0,0
	30/08/2014	20,8	7,8	14,3	87,8	0,0
	31/08/2014	25	14,3	19,65	89,3	17,0
	01/09/2014	19,4	10,7	15,05	89,0	0,0
	02/09/2014	17	13,5	15,25	94,8	9,0
	03/09/2014	21,2	15,2	18,2	86,5	0,8
	04/09/2014	20,1	14	17,05	71,8	0,0
	05/09/2014	20,6	16	18,3	87,0	0,0
	06/09/2014	19	15	17	89,0	14,0
	07/09/2014	21,6	10,7	16,15	74,5	1,6
	08/09/2014	23,7	10,3	17	91,3	0,0
	09/09/2014	30,6	15,7	23,15	63,3	0,0
	10/09/2014	27,2	11	19,1	92,8	49,2
	11/09/2014	18,8	9,5	14,15	78,8	0,0
	12/09/2014	16,6	7,7	12,15	91,5	4,1
	13/09/2014	17,8	15,2	16,5	97,5	14,6
	14/09/2014	1,8	15,8	8,8	96,0	2,0
	15/09/2014	21,5	15	18,25	88,5	2,6
	16/09/2014	18,9	12	15,45	84,8	0,0
	17/09/2014	19,4	10,7	15,05	80,3	0,0
	18/09/2014	20	14,6	17,3	88,8	0,0
	19/09/2014	22	17,3	19,65	93,0	6,6
	20/09/2014	22,3	14,6	18,45	84,8	9,4
	21/09/2014	19,5	12,7	16,1	83,8	0,0
	22/09/2014	20,7	7,8	14,25	81,0	0,0
	23/09/2014	29,7	14	21,85	76,8	0,0
	24/09/2014	20,5	13,2	16,85	73,0	11,8
2º Período	25/09/2014	22,7	8,7	15,7	86,5	0,0
	26/09/2014	19,3	12,6	16,0	68,3	2,1
	27/09/2014	19,4	8,8	14,1	68,5	0,0
	28/09/2014	23,4	15,4	19,4	88,5	3,0
	29/09/2014	21,6	16,4	19,0	92,0	4,8
	30/09/2014	19,0	13,7	16,4	96,3	8,1
	01/10/2014	21,2	14,9	18,1	73,5	9,6
	02/10/2014	19,4	9,3	14,4	69,5	0,0
	03/10/2014	19,6	13,0	16,3	66,0	0,0
	04/10/2014	21,0	15,8	18,4	71,0	0,0
	05/10/2014	22,6	17,2	19,9	73,8	0,0
	06/10/2014	22,4	16,0	19,2	91,3	9,0
	07/10/2014	26,8	16,8	21,8	82,5	0,0

	08/10/2014	26,6	15,7	21,2	85,8	0,0
	09/10/2014	20,8	17,5	19,2	95,8	25,4
	10/10/2014	23,8	13,2	18,5	85,5	29,6
	11/10/2014	20,0	13,4	16,7	88,0	0,0
	12/10/2014	18,4	16,4	17,4	95,5	27,8
	13/10/2014	21,8	14,6	18,2	88,0	0,0
	14/10/2014	23,3	13,4	18,4	84,5	0,0
	15/10/2014	23,6	13,2	18,4	83,3	0,0
	16/10/2014	20,8	17,9	19,4	95,8	63,2
	17/10/2014	19,4	16,4	17,9	96,5	1,0
	18/10/2014	25,1	18,0	21,6	88,8	11,5
	19/10/2014	22,3	16,4	19,4	78,5	17,0
	20/10/2014	21,4	11,4	16,4	78,0	0,0
	21/10/2014	23,4	11,5	17,5	72,0	0,0
	22/10/2014	25,2	12,6	18,9	76,8	0,0
	23/10/2014	25,8	15,6	20,7	85,0	0,0
	24/10/2014	25,0	16,3	20,7	82,8	0,0
	25/10/2014	25,9	18,2	22,1	83,0	0,0
	26/10/2014	26,5	18,1	22,3	79,5	0,0
	27/10/2014	27,9	19,5	23,7	80,8	0,0
	28/10/2014	34,3	19,8	27,1	78,5	0,0
	29/10/2014	36,1	20,6	28,4	77,8	10,2
	30/10/2014	24,2	19,4	21,8	88,0	41,9
	31/10/2014	25,5	18,0	21,8	88,0	0,0
	01/11/2014	23,8	19,0	21,4	87,8	1,6
	02/11/2014	21,9	17,4	19,7	88,0	6,3
	03/11/2014	21,3	17,0	19,2	96,8	81,2
	04/11/2014	22,4	16,5	19,5	68,5	1,6
	05/11/2014	21,8	11,6	16,7	67,0	0,0
	06/11/2014	24,2	15,4	19,8	78,0	0,0
	07/11/2014	26,9	20,0	23,5	86,7	0,0
	08/11/2014	26,4	16,0	21,2	88,0	0,2
	09/11/2014	27,0	16,8	21,9	77,8	0,0
	10/11/2014	26,7	16,2	21,5	66,5	0,0
	11/11/2014	27,3	17,5	22,4	84,0	0,0
	12/11/2014	22,2	19,2	20,7	87,3	6,7
	13/11/2014	22,4	16,4	19,4	64,8	0,5
	14/11/2014	22,9	9,9	16,4	69,0	0,0
	15/11/2014	28,6	13,4	21,0	67,3	0,0
	16/11/2014	32,2	14,2	23,2	73,0	0,0
	17/11/2014	26,0	16,5	21,3	79,0	0,0
	18/11/2014	28,4	18,0	23,2	70,5	0,0
	19/11/2014	32,8	19,4	26,1	72,3	0,0
	20/11/2014	26,3	20,6	23,5	81,3	0,0
	21/11/2014	27,4	20,4	23,9	86,3	4,8

	22/11/2014	25,0	17,8	21,4	77,8	0,0
	23/11/2014	28,0	11,9	20,0	57,8	0,0
	24/11/2014	31,1	15,4	23,3	74,0	0,0
	25/11/2014	25,7	21,3	23,5	87,8	0,7
	26/11/2014	27,2	19,7	23,5	83,8	0,4
	27/11/2014	26,2	15,8	21,0	76,8	0,0
	28/11/2014	25,2	12,0	18,6	66,3	0,0
	29/11/2014	30,0	17,8	23,9	75,8	0,0
	30/11/2014	33,4	21,4	27,4	80,8	0,0
	01/12/2014	27,3	21,4	24,4	89,8	14,0
	02/12/2014	28,2	21,6	24,9	88,0	17,0
	03/12/2014	25,4	19,6	22,5	73,5	10,2
	04/12/2014	26,2	15,3	20,8	76,0	0,0
	05/12/2014	27,8	15,4	21,6	70,5	0,0
	06/12/2014	30,2	19,2	24,7	69,2	0,0
	07/12/2014	36,5	18,5	27,5	69,3	0,0
	08/12/2014	31,4	22,1	26,8	83,0	2,2
	09/12/2014	30,8	21,0	25,9	84,8	41,5
	10/12/2014	29,0	20,0	24,5	82,0	4,6
	11/12/2014	23,6	19,7	21,7	78,3	0,0
	12/12/2014	23,4	17,2	20,3	84,5	2,7
	13/12/2014	26,4	19,6	23,0	77,3	1,3
	14/12/2014	25,2	16,2	20,7	70,0	0,0
	15/12/2014	25,5	14,5	20,0	71,0	0,0
	16/12/2014	24,6	20,2	22,4	87,0	7,0
	17/12/2014	28,4	20,3	24,4	84,8	3,7
	18/12/2014	28,7	17,8	23,3	78,0	0,1
	19/12/2014	30,3	15,9	23,1	66,0	0,0
	20/12/2014	30,4	18,4	24,4	80,5	6,8
	21/12/2014	25,4	19,4	22,4	88,3	23,8
	22/12/2014	23,6	15,4	19,5	71,8	0,0
	23/12/2014	23,7	15,0	19,4	65,0	0,0
	24/12/2014	25,0	11,2	18,1	65,8	0,0
	25/12/2014	28,6	18,6	23,6	75,0	0,0
	26/12/2014	27,3	22,2	24,8	87,8	0,0
	27/12/2014	31,2	22,5	26,9	84,5	0,6
	28/12/2014	29,5	22,2	25,9	89,0	2,7
	29/12/2014	30,0	21,2	25,6	80,3	0,0
	30/12/2014	31,7	21,2	26,5	85,0	0,0
	31/12/2014	30,0	21,7	25,9	86,3	0,0
	01/01/2015	32,1	20,8	26,5	90,5	4,5
	02/01/2015	25,6	16,6	21,1	70,3	0,2
	03/01/2015	27,9	13,6	20,8	68,3	0,0
	04/01/2015	29,9	16,0	23,0	70,3	0,0
	05/01/2015	29,4	17,6	23,5	76,3	0,0

	06/01/2015	35,0	21,4	28,2	89,3	29,2
	07/01/2015	26,0	21,4	23,7	94,0	25,8
	08/01/2015	27,4	20,4	23,9	91,8	6,8
	09/01/2015	32,5	22,4	27,5	90,5	31,9
	10/01/2015	32,8	23,8	28,3	74,8	0,0
	11/01/2015	31,8	23,0	27,4	85,3	16,1
	12/01/2015	31,2	22,4	26,8	75,0	36,2
	13/01/2015	31,1	21,8	26,5	84,5	8,6
	14/01/2015	26,8	21,8	24,3	88,0	0,8
	15/01/2015	26,6	20,6	23,6	78,8	0,0
	16/01/2015	27,2	22,0	24,6	87,3	0,0
	17/01/2015	30,2	22,4	26,3	82,0	2,0
	18/01/2015	28,4	20,4	24,4	77,8	0,0
	19/01/2015	32,8	21,6	27,2	78,8	7,6
	20/01/2015	25,9	21,0	23,5	88,0	14,6
	21/01/2015	26,2	18,2	22,2	65,3	0,0
	22/01/2015	26,2	18,6	22,4	64,5	0,0
	23/01/2015	26,4	21,3	23,9	75,3	0,0
	24/01/2015	28,4	18,0	23,2	78,0	0,0
	25/01/2015	31,0	20,6	25,8	79,3	0,0
	26/01/2015	30,0	18,6	24,3	86,5	0,0
3º Período	27/01/2015	31,5	23,0	27,3	85,3	4,7
	28/01/2015	33,0	22,8	27,9	85,5	30,4
	29/01/2015	26,2	19,0	22,6	77,5	14,6
	30/01/2015	26,1	15,2	20,7	76,3	0,0
	31/01/2015	26,5	17,8	22,2	70,0	0,0
	01/02/2015	26,7	21,4	24,1	88,8	3,5
	02/02/2015	29,0	22,7	25,9	86,0	1,8
	03/02/2015	27,8	20,9	24,4	84,0	4,7
	04/02/2015	27,7	23,2	25,5	80,3	0,0
	05/02/2015	27,5	22,2	24,9	80,0	0,0
	06/02/2015	27,1	21,2	24,2	78,5	1,9
	07/02/2015	27,4	18,3	22,9	77,5	0,0
	08/02/2015	28,0	16,1	22,1	80,8	0,0
	09/02/2015	31,1	19,0	25,1	78,0	0,0
	10/02/2015	33,2	21,7	27,5	85,5	6,0
	11/02/2015	22,9	21,2	22,1	92,3	13,6
	12/02/2015	29,7	19,9	24,8	84,8	0,0
	13/02/2015	26,2	20,0	23,1	80,5	0,0
	14/02/2015	26,3	16,2	21,3	74,8	0,0
	15/02/2015	26,6	19,6	23,1	73,5	0,0
	16/02/2015	27,2	21,1	24,2	72,8	0,0
	17/02/2015	26,8	18,4	22,6	76,3	0,0
	18/02/2015	28,8	20,7	24,8	80,0	0,2
	19/02/2015	29,6	20,6	25,1	93,5	39,8

20/02/2015	26,4	19,7	23,1	87,5	14,6
21/02/2015	27,6	21,2	24,4	80,0	0,7
22/02/2015	28,7	21,3	25,0	87,5	0,3
23/02/2015	29,3	21,1	25,2	92,5	3,3
24/02/2015	28,8	21,8	25,3	86,5	0,2
25/02/2015	30,1	19,8	25,0	86,3	0,0
26/02/2015	27,9	22,3	25,1	83,3	1,3
27/02/2015	27,8	20,0	23,9	78,3	0,0
28/02/2015	26,0	15,6	20,8	70,3	0,0
01/03/2015	28,0	18,4	23,2	73,5	0,0
02/03/2015	28,6	22,0	25,3	82,8	0,2
03/03/2015	31,6	20,4	26,0	80,3	0,9
04/03/2015	29,5	23,1	26,3	90,0	0,0
05/03/2015	29,0	22,0	25,5	86,0	0,0
06/03/2015	28,2	19,4	23,8	79,8	0,0
07/03/2015	28,0	17,4	22,7	76,8	0,0
08/03/2015	28,2	20,0	24,1	85,3	0,2
09/03/2015	29,6	23,1	26,4	89,3	9,8
10/03/2015	27,7	21,2	24,5	81,8	0,0
11/03/2015	28,6	17,2	22,9	84,0	0,0
12/03/2015	28,6	18,2	23,4	80,5	0,0
13/03/2015	28,1	16,2	22,2	83,0	0,0
14/03/2015	29,6	19,7	24,7	86,5	0,0
15/03/2015	30,3	22,0	26,2	93,3	16,9
16/03/2015	29,2	18,2	23,7	85,3	0,0
17/03/2015	27,8	16,7	22,3	80,0	0,0
18/03/2015	27,0	15,5	21,3	78,3	0,0
19/03/2015	28,8	17,6	23,2	73,0	0,0
20/03/2015	30,5	18,6	24,6	77,0	0,0
21/03/2015	24,8	15,4	20,1	71,8	0,0
22/03/2015	23,2	12,0	17,6	76,5	0,0
23/03/2015	25,6	14,2	19,9	89,5	0,0
24/03/2015	26,6	13,8	20,2	85,5	0,0
25/03/2015	29,3	18,8	24,1	82,8	0,3
26/03/2015	22,1	16,8	19,5	80,3	0,2
27/03/2015	26,0	15,2	20,6	85,5	0,0
28/03/2015	25,0	13,7	19,4	81,8	0,0
29/03/2015	26,4	13,8	20,1	79,0	0,0
30/03/2015	22,4	18,5	20,5	96,5	75,6
31/03/2015	27,2	17,4	22,3	82,3	11,0
01/04/2015	25,9	15,0	20,5	86,5	0,2
02/04/2015	28,7	15,0	21,9	85,5	0,0
03/04/2015	29,8	15,1	22,5	84,3	0,0
04/04/2015	30,0	15,8	22,9	84,8	0,2
05/04/2015	26,7	18,9	22,8	84,5	3,1

06/04/2015	24,4	14,8	19,6	71,0	0,0
07/04/2015	24,3	12,9	18,6	76,5	0,0
08/04/2015	24,6	11,4	18,0	83,3	0,0
09/04/2015	27,4	13,8	20,6	85,0	0,0
10/04/2015	29,6	13,5	21,6	78,0	0,0
11/04/2015	29,0	14,4	21,7	85,8	0,0
12/04/2015	25,0	15,9	20,5	78,3	0,0
13/04/2015	24,6	10,2	17,4	77,5	0,0
14/04/2015	26,3	15,1	20,7	90,0	0,0
15/04/2015	26,3	19,2	22,8	85,5	1,4
16/04/2015	23,5	19,5	21,5	81,8	5,1
17/04/2015	27,3	19,0	23,2	83,7	15,5
18/04/2015	24,4	15,0	19,7	67,5	0,0
19/04/2015	27,2	10,0	18,6	82,8	0,0
20/04/2015	27,6	17,0	22,3	83,0	0,0
21/04/2015	23,9	14,7	19,3	78,0	0,0
22/04/2015	23,0	12,0	17,5	77,8	0,0
23/04/2015	21,9	9,9	15,9	90,3	0,0
24/04/2015	23,6	16,3	20,0	90,5	0,0
25/04/2015	26,4	7,7	17,1	73,0	0,0
26/04/2015	25,6	8,1	16,9	78,3	0,0
27/04/2015	25,5	10,4	18,0	84,5	0,0
28/04/2015	24,6	10,8	17,7	79,5	0,0
29/04/2015	22,2	12,2	17,2	80,0	0,0
30/04/2015	22,8	14,8	18,8	83,5	0,5
01/05/2015	22,4	11,0	16,7	88,8	0,2
02/05/2015	20,4	15,4	17,9	93,0	14,0
03/05/2015	18,4	13,8	16,1	85,8	0,0
04/05/2015	18,0	8,3	13,2	64,3	0,0
05/05/2015	20,2	3,8	12,0	83,8	0,0
06/05/2015	21,6	3,7	12,7	73,5	0,0
07/05/2015	19,6	7,0	13,3	85,5	0,0
08/05/2015	21,0	6,2	13,6	81,3	0,0
09/05/2015	24,0	8,7	16,4	86,0	0,0
10/05/2015	21,2	12,3	16,8	95,3	32,3
11/05/2015	21,7	14,9	18,3	86,8	31,3
12/05/2015	20,4	12,2	16,3	88,3	1,3
13/05/2015	22,4	9,6	16,0	89,0	0,0
14/05/2015	24,4	13,4	18,9	86,0	0,0
15/05/2015	24,4	13,7	19,1	87,0	0,0
16/05/2015	25,4	13,8	19,6	85,8	0,0
17/05/2015	25,2	14,7	20,0	94,5	0,0
18/05/2015	24,9	16,4	20,7	91,3	0,0
19/05/2015	25,5	18,7	22,1	89,3	0,0
20/05/2015	25,2	18,8	22,0	89,0	0,0

	21/05/2015	28,6	18,2	23,4	87,3	0,0
	22/05/2015	29,4	16,2	22,8	86,8	0,0
	23/05/2015	23,7	19,2	21,5	95,8	11,5
	24/05/2015	20,7	16,6	18,7	86,0	1,1
4º Período	25/05/2015	19,5	13,4	16,5	88,0	0,0
	26/05/2015	20,4	11,6	16,0	82,3	0,0
	27/05/2015	17,8	13,9	15,9	92,8	23,6
	28/05/2015	19,0	14,0	16,5	91,5	24,0
	29/05/2015	18,4	11,8	15,1	92,3	5,5
	30/05/2015	19,6	8,6	14,1	85,3	0,0
	31/05/2015	19,4	8,8	14,1	85,5	0,0
	01/06/2015	22,2	6,4	14,3	86,5	0,0
	02/06/2015	23,6	7,4	15,5	86,3	0,0
	03/06/2015	24,4	9,6	17,0	89,3	0,0
	04/06/2015	23,2	15,2	19,2	91,0	0,0
	05/06/2015	20,1	16,0	18,1	95,5	12,4
	06/06/2015	27,6	17,4	22,5	75,5	0,0
	07/06/2015	22,8	16,0	19,4	91,0	1,7
	08/06/2015	16,2	12,3	14,3	97,0	42,5
	09/06/2015	20,5	13,2	16,9	94,3	19,0
	10/06/2015	19,2	15,1	17,2	92,5	53,0
	11/06/2015	16,1	9,6	12,9	70,3	0,0
	12/06/2015	14,9	5,3	10,1	80,8	0,0
	13/06/2015	15,2	3,2	9,2	89,3	0,0
	14/06/2015	16,4	8,8	12,6	76,5	0,0
	15/06/2015	14,6	6,8	10,7	63,5	0,0
	16/06/2015	18,8	6,0	12,4	67,3	0,0
	17/06/2015	18,2	2,4	10,3	79,3	0,0
	18/06/2015	13,8	6,6	10,2	78,5	0,0
	19/06/2015	13,4	3,0	8,2	81,5	0,0
	20/06/2015	19,8	4,9	12,4	84,5	0,0
	21/06/2015	15,4	7,9	11,7	89,3	0,0
	22/06/2015	18,6	11,2	14,9	89,5	3,9
	23/06/2015	14,3	6,2	10,3	80,8	2,6
	24/06/2015	17,2	2,2	9,7	88,5	0,0
	25/06/2015	19,2	9,0	14,1	87,8	0,0
	26/06/2015	21,6	11,7	16,7	86,0	0,0
	27/06/2015	25,4	8,2	16,8	88,0	0,0
	28/06/2015	24,0	8,7	16,4	89,3	0,0
	29/06/2015	23,9	11,0	17,5	86,0	0,0
	30/06/2015	22,3	15,6	19,0	86,0	5,6
	01/07/2015	17,0	9,2	13,1	89,3	0,0
	02/07/2015	18,4	3,8	11,1	87,3	0,0
	03/07/2015	18,2	11,8	15,0	89,0	16,2
	04/07/2015	13,2	7,7	10,5	80,0	0,4

	05/07/2015	16,8	2,4	9,6	90,5	0,0
	06/07/2015	17,4	7,4	12,4	88,5	0,0
	07/07/2015	16,5	11,4	14,0	89,3	0,0
	08/07/2015	18,5	10,8	14,7	84,5	0,0
	09/07/2015	19,1	12,0	15,6	88,0	0,7
	10/07/2015	19,6	7,3	13,5	86,3	0,0
	11/07/2015	17,1	10,6	13,9	94,0	0,0
	12/07/2015	21,6	11,2	16,4	90,8	0,0
	13/07/2015	17,9	13,6	15,8	96,3	21,2
	14/07/2015	13,6	9,2	11,4	90,8	7,9
	15/07/2015	14,8	7,0	10,9	84,5	0,0
	16/07/2015	15,3	5,0	10,2	86,8	0,0
	17/07/2015	17,6	10,5	14,1	96,7	54,4
	18/07/2015	18,8	9,8	14,3	93,0	0,0
	19/07/2015	16,3	13,5	14,9	97,0	117,2
	20/07/2015	16,2	11,7	14,0	92,3	7,5
	21/07/2015	15,6	9,2	12,4	89,0	0,0
	22/07/2015	16,2	4,8	10,5	90,8	0,0
	23/07/2015	17,7	6,2	12,0	91,5	0,0
	24/07/2015	17,0	12,4	14,7	91,8	0,7
	25/07/2015	20,2	10,8	15,5	88,2	0,4
	26/07/2015	18,8	9,8	14,3	92,0	0,3
	27/07/2015	17,8	10,7	14,3	95,5	0,0
	28/07/2015	23,3	12,6	18,0	90,3	0,0
	29/07/2015	27,8	16,0	21,9	82,8	0,0
	30/07/2015	22,8	15,7	19,3	91,3	0,0
	31/07/2015	27,2	15,2	21,2	76,3	0,0
	01/08/2015	21,2	11,6	16,4	85,0	0,0
	02/08/2015	27,8	14,9	21,4	86,3	0,0
	03/08/2015	18,1	14,3	16,2	96,5	33,5
	04/08/2015	18,0	10,4	14,2	85,3	1,6
	05/08/2015	20,0	14,8	17,4	95,0	17,0
	06/08/2015	27,6	16,6	22,1	87,3	0,0
	07/08/2015	30,5	19,7	25,1	70,5	0,0
	08/08/2015	30,0	18,4	24,2	83,5	0,0
	09/08/2015	31,0	18,2	24,6	81,0	0,0
	10/08/2015	29,0	17,4	23,2	69,0	0,0
	11/08/2015	20,6	14,4	17,5	95,3	6,3
	12/08/2015	20,5	17,2	18,9	95,8	0,5
	13/08/2015	22,2	17,3	19,8	91,0	0,2
	14/08/2015	20,7	16,3	18,5	95,0	0,9
	15/08/2015	19,0	12,8	15,9	91,0	0,0
	16/08/2015	17,6	10,2	13,9	87,8	0,0
	17/08/2015	22,0	16,7	19,4	94,0	17,4
	18/08/2015	19,6	15,8	17,7	97,5	4,1

	19/08/2015	18,8	11,0	14,9	91,8	8,5
	20/08/2015	18,5	10,6	14,6	79,8	0,0
	21/08/2015	20,0	13,8	16,9	84,5	0,0
	22/08/2015	22,4	14,4	18,4	85,0	0,0
	23/08/2015	18,2	10,6	14,4	65,8	0,0
	24/08/2015	15,3	7,2	11,3	86,3	0,0
	25/08/2015	19,6	8,9	14,3	84,0	0,0
	26/08/2015	19,5	16,3	17,9	93,5	15,7
	27/08/2015	21,4	13,3	17,4	64,8	0,0
	28/08/2015	22,2	7,2	14,7	66,5	0,0
	29/08/2015	29,1	10,2	19,7	63,0	0,0
	30/08/2015	28,2	14,8	21,5	81,3	0,0
	31/08/2015	32,9	17,0	25,0	71,0	0,0
	01/09/2015	18,6	10,4	14,5	76,8	12,0
	02/09/2015	18,6	10,3	14,5	78,3	1,7
	03/09/2015	18,5	12,7	15,6	88,5	3,5
	04/09/2015	15,3	12,4	13,9	90,5	17,3
	05/09/2015	17,6	10,2	13,9	83,0	0,3
	06/09/2015	17,6	9,3	13,5	90,5	2,2
	07/09/2015	20,7	12,0	16,4	87,0	0,0
	08/09/2015	21,0	11,2	16,1	90,3	0,0
	09/09/2015	22,4	11,3	16,9	83,5	0,0
	10/09/2015	15,5	11,3	13,4	93,0	2,6
	11/09/2015	14,2	5,8	10,0	58,3	0,0
	12/09/2015	17,4	1,8	9,6	53,8	0,0
	13/09/2015	21,8	4,4	13,1	61,5	0,0
	14/09/2015	27,1	7,1	17,1	60,8	0,0
	15/09/2015	27,7	9,5	18,6	72,0	0,0
	16/09/2015	19,0	12,2	15,6	95,0	30,6
	17/09/2015	15,3	11,2	13,3	90,8	0,2
	18/09/2015	19,5	13,9	16,7	79,5	0,0
	19/09/2015	18,6	13,3	16,0	88,5	1,2
	20/09/2015	19,1	14,3	16,7	92,5	3,4
	21/09/2015	19,0	14,7	16,9	97,5	25,1
	22/09/2015	22,6	16,3	19,5	95,0	17,1
	23/09/2015	21,4	17,7	19,6	94,5	82,3
	24/09/2015	20,6	17,7	19,2	97,8	51,4
	25/09/2015	20,0	15,7	17,9	93,8	0,7
	26/09/2015	21,8	15,1	18,5	87,7	0,0
	27/09/2015	20,0	14,2	17,1	76,0	1,0

APÊNDICE B – Resultado da análise do modelo de previsão de vida útil para penetração de cloretos

Modelo de Bob (1996) para d = 2												
Período	**Dia**	**t (anos)**	**UR (%)**	**Tmáx (°C)**	**Tmín (°C)**	**T med (°C)**	**k_1**	**k_2**	**fc (N/mm²)**	**c**	**d**	**x_m (mm)**
1º período	1	0,00274	89,30	20,4	5,3	12,85	0,75	0,75	4,98	1	2	1,77
	2	0,00548	89,30	22,2	9,7	15,95	1,00	0,75	8,98	1	2	1,86
	3	0,00822	83,30	17,4	14,4	15,9	1,00	0,75	11,65	1	2	1,75
	4	0,01096	90,80	16,8	12	14,4	0,75	0,75	13,61	1	2	1,30
	5	0,01370	78,50	19,2	8,7	13,95	0,75	1,00	15,14	1	2	1,74
	6	0,01644	85,50	20,6	6,2	13,4	0,75	0,75	16,37	1	2	1,32
	7	0,01918	86,50	20,6	5,6	13,1	0,75	0,75	17,40	1	2	1,34
	8	0,02192	97,00	15,8	13	14,4	0,75	0,75	18,27	1	2	1,37
	9	0,02466	89,80	19,8	11,6	15,7	1,00	0,75	19,03	1	2	1,86
	10	0,02740	94,00	18	9,7	13,85	0,75	0,75	19,70	1	2	1,42
	11	0,03014	84,50	17,2	9,6	13,4	0,75	1,00	20,29	1	2	1,93
	12	0,03288	84,50	20	2,1	11,05	0,75	1,00	20,82	1	2	1,96
	13	0,03562	89,80	19	3,8	11,4	0,75	0,75	21,30	1	2	1,50
	14	0,03836	85,00	21,1	11,2	16,15	1,00	1,00	21,73	1	2	2,70
	15	0,04110	85,80	24,6	15,2	19,9	1,00	0,75	22,13	1	2	2,06
	16	0,04384	95,50	20,4	12,3	16,35	1,00	0,75	22,50	1	2	2,09
	17	0,04658	84,00	17,4	10,6	14	0,75	1,00	22,84	1	2	2,13
	18	0,04932	87,00	19,9	6,3	13,1	0,75	0,75	23,16	1	2	1,62
	19	0,05205	93,00	20,8	13,2	17	1,00	0,75	23,45	1	2	2,19
	20	0,05479	81,00	17	8,6	12,8	0,75	1,00	23,73	1	2	2,22
	21	0,05753	79,80	14,2	6,2	10,2	0,75	1,00	23,99	1	2	2,25
	22	0,06027	86,80	13,8	4,6	9,2	0,75	0,75	24,23	1	2	1,71
	23	0,06301	81,30	16	0,8	8,4	0,75	1,00	24,46	1	2	2,31
	24	0,06575	90,80	16,4	1,4	8,9	0,75	0,75	24,68	1	2	1,75
	25	0,06849	91,30	17,4	7,8	12,6	0,75	0,75	24,88	1	2	1,77
	26	0,07123	94,30	19,9	12,1	16	1,00	0,75	25,08	1	2	2,39
	27	0,07397	96,00	18	12,9	15,45	1,00	0,75	25,26	1	2	2,42
	28	0,07671	98,50	16,2	13,4	14,8	0,75	0,75	25,44	1	2	1,84
	29	0,07945	96,00	17,5	13	15,25	1,00	0,75	25,61	1	2	2,48
	30	0,08219	92,30	17,3	14,9	16,1	1,00	0,75	25,77	1	2	2,50
	31	0,08493	83,00	19	13,9	16,45	1,00	1,00	25,92	1	2	3,37
	32	0,08767	95,80	16,6	14,8	15,7	1,00	0,75	26,07	1	2	2,56
	33	0,09041	97,50	15,8	13,4	14,6	0,75	0,75	26,21	1	2	1,94
	34	0,09315	92,00	14,8	11,8	13,3	0,75	0,75	26,35	1	2	1,95
	35	0,09589	90,00	17	10,9	13,95	0,75	0,75	26,48	1	2	1,97
	36	0,09863	94,80	18,8	11,8	15,3	1,00	0,75	26,61	1	2	2,66
	37	0,10137	96,80	22,2	15,5	18,85	1,00	0,75	26,73	1	2	2,68
	38	0,10411	92,80	20,6	17,6	19,1	1,00	0,75	26,85	1	2	2,70
	39	0,10685	84,50	22	10	16	1,00	1,00	26,96	1	2	3,64

	40	0,10959	78,00	17,2	4,6	10,9	0,75	1,00	27,07	1	2	2,75
	41	0,11233	91,00	17,6	7,2	12,4	0,75	0,75	27,17	1	2	2,08
	42	0,11507	91,00	18,6	7,9	13,25	0,75	0,75	27,28	1	2	2,10
	43	0,11781	89,00	17,8	12,3	15,05	1,00	0,75	27,38	1	2	2,82
	44	0,12055	89,00	19,2	8,4	13,8	0,75	0,75	27,47	1	2	2,13
	45	0,12329	87,80	20,5	13,3	16,9	1,00	0,75	27,57	1	2	2,87
	46	0,12603	93,80	18,4	15,5	16,95	1,00	0,75	27,66	1	2	2,89
	47	0,12877	92,50	23,8	15,4	19,6	1,00	0,75	27,74	1	2	2,91
	48	0,13151	90,50	22,7	14,9	18,8	1,00	0,75	27,83	1	2	2,93
	49	0,13425	94,00	21,8	14,5	18,15	1,00	0,75	27,91	1	2	2,95
	50	0,13699	98,00	16,6	14,4	15,5	1,00	0,75	27,99	1	2	2,97
	51	0,13973	72,50	17,6	12	14,8	0,75	1,00	28,07	1	2	3,00
	52	0,14247	78,50	18,5	8,8	13,65	0,75	1,00	28,15	1	2	3,02
	53	0,14521	87,00	21,8	7	14,4	0,75	0,75	28,22	1	2	2,28
	54	0,14795	83,00	21,9	7,5	14,7	0,75	1,00	28,30	1	2	3,06
	55	0,15068	89,50	21,9	11,4	16,65	1,00	0,75	28,37	1	2	3,08
	56	0,15342	97,80	18,1	14,4	16,25	1,00	0,75	28,44	1	2	3,10
	57	0,15616	82,30	11,8	8,6	10,2	0,75	1,00	28,50	1	2	3,12
	58	0,15890	75,30	13,1	4,1	8,6	0,75	1,00	28,57	1	2	3,14
	59	0,16164	81,50	15,3	3,5	9,4	0,75	1,00	28,63	1	2	3,16
	60	0,16438	85,80	13,2	3,7	8,45	0,75	0,75	28,70	1	2	2,38
	61	0,16712	82,30	15,1	1,4	8,25	0,75	1,00	28,76	1	2	3,20
	62	0,16986	89,00	20,9	9,5	15,2	1,00	0,75	28,82	1	2	3,22
	63	0,17260	92,80	22	14,8	18,4	1,00	0,75	28,88	1	2	3,24
	64	0,17534	93,80	23,6	12,8	18,2	1,00	0,75	28,93	1	2	3,26
	65	0,17808	95,30	21	15,7	18,35	1,00	0,75	28,99	1	2	3,28
	66	0,18082	95,50	21,6	15,8	18,7	1,00	0,75	29,04	1	2	3,29
	67	0,18356	91,80	25,9	14,6	20,25	1,00	0,75	29,10	1	2	3,31
	68	0,18630	73,80	16,6	10	13,3	0,75	1,00	29,15	1	2	3,33
	69	0,18904	72,30	14,9	3,4	9,15	0,75	1,00	29,20	1	2	3,35
	70	0,19178	81,50	23,6	7,8	15,7	1,00	1,00	29,25	1	2	4,49
	71	0,19452	85,00	22	10,8	16,4	1,00	1,00	29,30	1	2	4,52
	72	0,19726	81,50	16,4	6,2	11,3	0,75	1,00	29,35	1	2	3,40
	73	0,20000	88,50	16,8	2,7	9,75	0,75	0,75	29,40	1	2	2,57
	74	0,20274	89,00	24,6	11,2	17,9	1,00	0,75	29,45	1	2	3,44
	75	0,20548	94,00	16,8	11,2	14	0,75	0,75	29,49	1	2	2,59
	76	0,20822	75,80	16,2	6,4	11,3	0,75	1,00	29,54	1	2	3,48
	77	0,21096	64,30	13,9	4,4	9,15	0,75	1,00	29,58	1	2	3,49
	78	0,21370	71,30	16,7	2,4	9,55	0,75	1,00	29,63	1	2	3,51
	79	0,21644	87,00	17,5	1,9	9,7	0,75	0,75	29,67	1	2	2,65
	80	0,21918	92,70	19,2	9,8	14,5	0,75	0,75	29,71	1	2	2,66
	81	0,22192	91,50	19,8	11,8	15,8	1,00	0,75	29,75	1	2	3,56
	82	0,22466	95,50	17,4	15	16,2	1,00	0,75	29,79	1	2	3,58
	83	0,22740	90,80	23,2	12,6	17,9	1,00	0,75	29,83	1	2	3,60
	84	0,23014	95,50	16,5	11,6	14,05	0,75	0,75	29,87	1	2	2,71

	85	0,23288	91,00	25,6	12,3	18,95	1,00	0,75	29,91	1	2	3,63
	86	0,23562	84,50	27	9,7	18,35	1,00	1,00	29,95	1	2	4,86
	87	0,23836	88,00	23,2	13,3	18,25	1,00	0,75	29,99	1	2	3,66
	88	0,24110	67,00	32,1	16,1	24,1	1,00	1,00	30,02	1	2	4,91
	89	0,24384	77,50	23,9	9,8	16,85	1,00	1,00	30,06	1	2	4,93
	90	0,24658	67,50	14,1	9,3	11,7	0,75	1,00	30,10	1	2	3,71
	91	0,24932	82,50	13,7	6,3	10	0,75	1,00	30,13	1	2	3,73
	92	0,25205	85,30	15,6	3,9	9,75	0,75	0,75	30,17	1	2	2,81
	93	0,25479	88,30	18	5,4	11,7	0,75	0,75	30,20	1	2	2,82
	94	0,25753	87,80	20,8	7,8	14,3	0,75	0,75	30,23	1	2	2,83
	95	0,26027	89,30	25	14,3	19,65	1,00	0,75	30,27	1	2	3,79
	96	0,26301	89,00	19,4	10,7	15,05	1,00	0,75	30,30	1	2	3,81
	97	0,26575	94,80	17	13,5	15,25	1,00	0,75	30,33	1	2	3,82
	98	0,26849	86,50	21,2	15,2	18,2	1,00	0,75	30,36	1	2	3,84
	99	0,27123	71,80	20,1	14	17,05	1,00	1,00	30,39	1	2	5,14
	100	0,27397	87,00	20,6	16	18,3	1,00	0,75	30,42	1	2	3,87
	101	0,27671	89,00	19	15	17	1,00	0,75	30,45	1	2	3,89
	102	0,27945	74,50	21,6	10,7	16,15	1,00	1,00	30,48	1	2	5,20
	103	0,28219	91,30	23,7	10,3	17	1,00	0,75	30,51	1	2	3,92
	104	0,28493	63,30	30,6	15,7	23,15	1,00	1,00	30,54	1	2	5,24
	105	0,28767	92,80	27,2	11	19,1	1,00	0,75	30,57	1	2	3,95
	106	0,29041	78,80	18,8	9,5	14,15	0,75	1,00	30,60	1	2	3,96
	107	0,29315	91,50	16,6	7,7	12,15	0,75	0,75	30,63	1	2	2,98
	108	0,29589	97,50	17,8	15,2	16,5	1,00	0,75	30,66	1	2	3,99
	109	0,29863	96,00	1,8	15,8	8,8	0,75	0,75	30,68	1	2	3,01
	110	0,30137	88,50	21,5	15	18,25	1,00	0,75	30,71	1	2	4,02
	111	0,30411	84,80	18,9	12	15,45	1,00	1,00	30,74	1	2	5,38
	112	0,30685	80,30	19,4	10,7	15,05	1,00	1,00	30,76	1	2	5,40
	113	0,30959	88,80	20	14,6	17,3	1,00	0,75	30,79	1	2	4,07
	114	0,31233	93,00	22	17,3	19,65	1,00	0,75	30,81	1	2	4,08
	115	0,31507	84,80	22,3	14,6	18,45	1,00	1,00	30,84	1	2	5,46
	116	0,31781	83,80	19,5	12,7	16,1	1,00	1,00	30,87	1	2	5,48
	117	0,32055	81,00	20,7	7,8	14,25	1,00	1,00	30,89	1	2	5,50
	118	0,32329	76,80	29,7	14	21,85	1,00	1,00	30,91	1	2	5,52
	119	0,32603	73,00	20,5	13,2	16,85	1,00	1,00	30,94	1	2	5,54
2º período	120	0,32877	86,50	22,7	8,7	15,7	1,00	0,75	30,96	1	2	4,17
	121	0,33151	68,30	19,3	12,6	16,0	1,00	1,00	30,99	1	2	5,57
	122	0,33425	68,50	19,4	8,8	14,1	0,75	1,00	31,01	1	2	4,19
	123	0,33699	88,50	23,4	15,4	19,4	1,00	0,75	31,03	1	2	4,21
	124	0,33973	92,00	21,6	16,4	19,0	1,00	0,75	31,05	1	2	4,22
	125	0,34247	96,30	19,0	13,7	16,4	1,00	0,75	31,08	1	2	4,24
	126	0,34521	73,50	21,2	14,9	18,1	1,00	1,00	31,10	1	2	5,67
	127	0,34795	69,50	19,4	9,3	14,4	0,75	1,00	31,12	1	2	4,26
	128	0,35068	66,00	19,6	13,0	16,3	1,00	1,00	31,14	1	2	5,70
	129	0,35342	71,00	21,0	15,8	18,4	1,00	1,00	31,16	1	2	5,72

130	0,35616	73,80	22,6	17,2	19,9	1,00	1,00	31,19	1	2	5,74
131	0,35890	91,30	22,4	16,0	19,2	1,00	0,75	31,21	1	2	4,32
132	0,36164	82,50	26,8	16,8	21,8	1,00	1,00	31,23	1	2	5,78
133	0,36438	85,80	26,6	15,7	21,2	1,00	0,75	31,25	1	2	4,35
134	0,36712	95,80	20,8	17,5	19,2	1,00	0,75	31,27	1	2	4,36
135	0,36986	85,50	23,8	13,2	18,5	1,00	0,75	31,29	1	2	4,37
136	0,37260	88,00	20,0	13,4	16,7	1,00	0,75	31,31	1	2	4,39
137	0,37534	95,50	18,4	16,4	17,4	1,00	0,75	31,33	1	2	4,40
138	0,37808	88,00	21,8	14,6	18,2	1,00	0,75	31,35	1	2	4,41
139	0,38082	84,50	23,3	13,4	18,4	1,00	1,00	31,37	1	2	5,90
140	0,38356	83,30	23,6	13,2	18,4	1,00	1,00	31,39	1	2	5,92
141	0,38630	95,80	20,8	17,9	19,4	1,00	0,75	31,41	1	2	4,45
142	0,38904	96,50	19,4	16,4	17,9	1,00	0,75	31,42	1	2	4,47
143	0,39178	88,80	25,1	18,0	21,6	1,00	0,75	31,44	1	2	4,48
144	0,39452	78,50	22,3	16,4	19,4	1,00	1,00	31,46	1	2	5,99
145	0,39726	78,00	21,4	11,4	16,4	1,00	1,00	31,48	1	2	6,01
146	0,40000	72,00	23,4	11,5	17,5	1,00	1,00	31,50	1	2	6,02
147	0,40274	76,80	25,2	12,6	18,9	1,00	1,00	31,52	1	2	6,04
148	0,40548	85,00	25,8	15,6	20,7	1,00	1,00	31,53	1	2	6,06
149	0,40822	82,80	25,0	16,3	20,7	1,00	1,00	31,55	1	2	6,08
150	0,41096	83,00	25,9	18,2	22,1	1,00	1,00	31,57	1	2	6,09
151	0,41370	79,50	26,5	18,1	22,3	1,00	1,00	31,59	1	2	6,11
152	0,41644	80,80	27,9	19,5	23,7	1,00	1,00	31,60	1	2	6,13
153	0,41918	78,50	34,3	19,8	27,1	1,25	1,00	31,62	1	2	7,68
154	0,42192	77,80	36,1	20,6	28,4	1,25	1,00	31,64	1	2	7,70
155	0,42466	88,00	24,2	19,4	21,8	1,00	0,75	31,65	1	2	4,63
156	0,42740	88,00	25,5	18,0	21,8	1,00	0,75	31,67	1	2	4,64
157	0,43014	87,80	23,8	19,0	21,4	1,00	0,75	31,69	1	2	4,66
158	0,43288	88,00	21,9	17,4	19,7	1,00	0,75	31,70	1	2	4,67
159	0,43562	96,80	21,3	17,0	19,2	1,00	0,75	31,72	1	2	4,68
160	0,43836	68,50	22,4	16,5	19,5	1,00	1,00	31,73	1	2	6,26
161	0,44110	67,00	21,8	11,6	16,7	1,00	1,00	31,75	1	2	6,28
162	0,44384	78,00	24,2	15,4	19,8	1,00	1,00	31,76	1	2	6,29
163	0,44658	86,70	26,9	20,0	23,5	1,00	0,75	31,78	1	2	4,73
164	0,44932	88,00	26,4	16,0	21,2	1,00	0,75	31,79	1	2	4,74
165	0,45205	77,80	27,0	16,8	21,9	1,00	1,00	31,81	1	2	6,34
166	0,45479	66,50	26,7	16,2	21,5	1,00	1,00	31,83	1	2	6,36
167	0,45753	84,00	27,3	17,5	22,4	1,00	1,00	31,84	1	2	6,37
168	0,46027	87,30	22,2	19,2	20,7	1,00	0,75	31,85	1	2	4,79
169	0,46301	64,80	22,4	16,4	19,4	1,00	1,00	31,87	1	2	6,41
170	0,46575	69,00	22,9	9,9	16,4	1,00	1,00	31,88	1	2	6,42
171	0,46849	67,30	28,6	13,4	21,0	1,00	1,00	31,90	1	2	6,44
172	0,47123	73,00	32,2	14,2	23,2	1,00	1,00	31,91	1	2	6,45
173	0,47397	79,00	26,0	16,5	21,3	1,00	1,00	31,93	1	2	6,47
174	0,47671	70,50	28,4	18,0	23,2	1,00	1,00	31,94	1	2	6,48

175	0,47945	72,30	32,8	19,4	26,1	1,25	1,00	31,95	1	2	8,13
176	0,48219	81,30	26,3	20,6	23,5	1,00	1,00	31,97	1	2	6,52
177	0,48493	86,30	27,4	20,4	23,9	1,00	0,75	31,98	1	2	4,90
178	0,48767	77,80	25,0	17,8	21,4	1,00	1,00	32,00	1	2	6,55
179	0,49041	57,80	28,0	11,9	20,0	1,00	1,00	32,01	1	2	6,56
180	0,49315	74,00	31,1	15,4	23,3	1,00	1,00	32,02	1	2	6,58
181	0,49589	87,80	25,7	21,3	23,5	1,00	0,75	32,04	1	2	4,95
182	0,49863	83,80	27,2	19,7	23,5	1,00	1,00	32,05	1	2	6,61
183	0,50137	76,80	26,2	15,8	21,0	1,00	1,00	32,06	1	2	6,63
184	0,50411	66,30	25,2	12,0	18,6	1,00	1,00	32,08	1	2	6,64
185	0,50685	75,80	30,0	17,8	23,9	1,00	1,00	32,09	1	2	6,66
186	0,50959	80,80	33,4	21,4	27,4	1,25	1,00	32,10	1	2	8,34
187	0,51233	89,80	27,3	21,4	24,4	1,00	0,75	32,11	1	2	5,01
188	0,51507	88,00	28,2	21,6	24,9	1,00	0,75	32,13	1	2	5,03
189	0,51781	73,50	25,4	19,6	22,5	1,00	1,00	32,14	1	2	6,72
190	0,52055	76,00	26,2	15,3	20,8	1,00	1,00	32,15	1	2	6,73
191	0,52329	70,50	27,8	15,4	21,6	1,00	1,00	32,16	1	2	6,75
192	0,52603	69,20	30,2	19,2	24,7	1,00	1,00	32,18	1	2	6,76
193	0,52877	69,30	36,5	18,5	27,5	1,25	1,00	32,19	1	2	8,47
194	0,53151	83,00	31,4	22,1	26,8	1,25	1,00	32,20	1	2	8,49
195	0,53425	84,80	30,8	21,0	25,9	1,25	1,00	32,21	1	2	8,51
196	0,53699	82,00	29,0	20,0	24,5	1,00	1,00	32,22	1	2	6,82
197	0,53973	78,30	23,6	19,7	21,7	1,00	1,00	32,24	1	2	6,84
198	0,54247	84,50	23,4	17,2	20,3	1,00	1,00	32,25	1	2	6,85
199	0,54521	77,30	26,4	19,6	23,0	1,00	1,00	32,26	1	2	6,87
200	0,54795	70,00	25,2	16,2	20,7	1,00	1,00	32,27	1	2	6,88
201	0,55068	71,00	25,5	14,5	20,0	1,00	1,00	32,28	1	2	6,90
202	0,55342	87,00	24,6	20,2	22,4	1,00	0,75	32,29	1	2	5,18
203	0,55616	84,80	28,4	20,3	24,4	1,00	1,00	32,30	1	2	6,93
204	0,55890	78,00	28,7	17,8	23,3	1,00	1,00	32,32	1	2	6,94
205	0,56164	66,00	30,3	15,9	23,1	1,00	1,00	32,33	1	2	6,95
206	0,56438	80,50	30,4	18,4	24,4	1,00	1,00	32,34	1	2	6,97
207	0,56712	88,30	25,4	19,4	22,4	1,00	0,75	32,35	1	2	5,24
208	0,56986	71,80	23,6	15,4	19,5	1,00	1,00	32,36	1	2	7,00
209	0,57260	65,00	23,7	15,0	19,4	1,00	1,00	32,37	1	2	7,01
210	0,57534	65,80	25,0	11,2	18,1	1,00	1,00	32,38	1	2	7,03
211	0,57808	75,00	28,6	18,6	23,6	1,00	1,00	32,39	1	2	7,04
212	0,58082	87,80	27,3	22,2	24,8	1,00	0,75	32,40	1	2	5,29
213	0,58356	84,50	31,2	22,5	26,9	1,25	1,00	32,41	1	2	8,84
214	0,58630	89,00	29,5	22,2	25,9	1,25	0,75	32,42	1	2	6,64
215	0,58904	80,30	30,0	21,2	25,6	1,25	1,00	32,43	1	2	8,87
216	0,59178	85,00	31,7	21,2	26,5	1,25	1,00	32,44	1	2	8,89
217	0,59452	86,30	30,0	21,7	25,9	1,25	0,75	32,45	1	2	6,68
218	0,59726	90,50	32,1	20,8	26,5	1,25	0,75	32,46	1	2	6,70
219	0,60000	70,30	25,6	16,6	21,1	1,00	1,00	32,47	1	2	7,16

	220	0,60274	68,30	27,9	13,6	20,8	1,00	1,00	32,48	1	2	7,17
	221	0,60548	70,30	29,9	16,0	23,0	1,00	1,00	32,49	1	2	7,18
	222	0,60822	76,30	29,4	17,6	23,5	1,00	1,00	32,50	1	2	7,20
	223	0,61096	89,30	35,0	21,4	28,2	1,25	0,75	32,51	1	2	6,76
	224	0,61370	94,00	26,0	21,4	23,7	1,00	0,75	32,52	1	2	5,42
	225	0,61644	91,80	27,4	20,4	23,9	1,00	0,75	32,53	1	2	5,43
	226	0,61918	90,50	32,5	22,4	27,5	1,25	0,75	32,54	1	2	6,80
	227	0,62192	74,80	32,8	23,8	28,3	1,25	1,00	32,55	1	2	9,08
	228	0,62466	85,30	31,8	23,0	27,4	1,25	0,75	32,56	1	2	6,83
	229	0,62740	75,00	31,2	22,4	26,8	1,25	1,00	32,57	1	2	9,12
	230	0,63014	84,50	31,1	21,8	26,5	1,25	1,00	32,58	1	2	9,14
	231	0,63288	88,00	26,8	21,8	24,3	1,00	0,75	32,59	1	2	5,49
	232	0,63562	78,80	26,6	20,6	23,6	1,00	1,00	32,60	1	2	7,34
	233	0,63836	87,30	27,2	22,0	24,6	1,00	0,75	32,61	1	2	5,51
	234	0,64110	82,00	30,2	22,4	26,3	1,25	1,00	32,62	1	2	9,21
	235	0,64384	77,80	28,4	20,4	24,4	1,00	1,00	32,63	1	2	7,38
	236	0,64658	78,80	32,8	21,6	27,2	1,25	1,00	32,64	1	2	9,24
	237	0,64932	88,00	25,9	21,0	23,5	1,00	0,75	32,65	1	2	5,55
	238	0,65205	65,30	26,2	18,2	22,2	1,00	1,00	32,65	1	2	7,42
	239	0,65479	64,50	26,2	18,6	22,4	1,00	1,00	32,66	1	2	7,43
	240	0,65753	75,30	26,4	21,3	23,9	1,00	1,00	32,67	1	2	7,45
	241	0,66027	78,00	28,4	18,0	23,2	1,00	1,00	32,68	1	2	7,46
	242	0,66301	79,30	31,0	20,6	25,8	1,25	1,00	32,69	1	2	9,34
	243	0,66575	86,50	30,0	18,6	24,3	1,00	0,75	32,70	1	2	5,61
3º período	244	0,66849	85,30	31,5	23,0	27,3	1,25	0,75	32,71	1	2	7,03
	245	0,67123	85,50	33,0	22,8	27,9	1,25	0,75	32,72	1	2	7,04
	246	0,67397	77,50	26,2	19,0	22,6	1,00	1,00	32,72	1	2	7,53
	247	0,67671	76,30	26,1	15,2	20,7	1,00	1,00	32,73	1	2	7,54
	248	0,67945	70,00	26,5	17,8	22,2	1,00	1,00	32,74	1	2	7,55
	249	0,68219	88,80	26,7	21,4	24,1	1,00	0,75	32,75	1	2	5,67
	250	0,68493	86,00	29,0	22,7	25,9	1,25	0,75	32,76	1	2	7,11
	251	0,68767	84,00	27,8	20,9	24,4	1,00	1,00	32,77	1	2	7,59
	252	0,69041	80,30	27,7	23,2	25,5	1,25	1,00	32,77	1	2	9,51
	253	0,69315	80,00	27,5	22,2	24,9	1,00	1,00	32,78	1	2	7,62
	254	0,69589	78,50	27,1	21,2	24,2	1,00	1,00	32,79	1	2	7,63
	255	0,69863	77,50	27,4	18,3	22,9	1,00	1,00	32,80	1	2	7,65
	256	0,70137	80,80	28,0	16,1	22,1	1,00	1,00	32,81	1	2	7,66
	257	0,70411	78,00	31,1	19,0	25,1	1,25	1,00	32,82	1	2	9,59
	258	0,70685	85,50	33,2	21,7	27,5	1,25	0,75	32,82	1	2	7,20
	259	0,70959	92,30	22,9	21,2	22,1	1,00	0,75	32,83	1	2	5,77
	260	0,71233	84,80	29,7	19,9	24,8	1,00	1,00	32,84	1	2	7,71
	261	0,71507	80,50	26,2	20,0	23,1	1,00	1,00	32,85	1	2	7,72
	262	0,71781	74,80	26,3	16,2	21,3	1,00	1,00	32,85	1	2	7,74
	263	0,72055	73,50	26,6	19,6	23,1	1,00	1,00	32,86	1	2	7,75
	264	0,72329	72,80	27,2	21,1	24,2	1,00	1,00	32,87	1	2	7,76

265	0,72603	76,30	26,8	18,4	22,6	1,00	1,00	32,88	1	2	7,77
266	0,72877	80,00	28,8	20,7	24,8	1,00	1,00	32,89	1	2	7,79
267	0,73151	93,50	29,6	20,6	25,1	1,25	0,75	32,89	1	2	7,31
268	0,73425	87,50	26,4	19,7	23,1	1,00	0,75	32,90	1	2	5,86
269	0,73699	80,00	27,6	21,2	24,4	1,00	1,00	32,91	1	2	7,83
270	0,73973	87,50	28,7	21,3	25,0	1,00	0,75	32,92	1	2	5,88
271	0,74247	92,50	29,3	21,1	25,2	1,25	0,75	32,92	1	2	7,36
272	0,74521	86,50	28,8	21,8	25,3	1,25	0,75	32,93	1	2	7,37
273	0,74795	86,30	30,1	19,8	25,0	1,00	0,75	32,94	1	2	5,91
274	0,75068	83,30	27,9	22,3	25,1	1,25	1,00	32,95	1	2	9,86
275	0,75342	78,30	27,8	20,0	23,9	1,00	1,00	32,95	1	2	7,90
276	0,75616	70,30	26,0	15,6	20,8	1,00	1,00	32,96	1	2	7,91
277	0,75890	73,50	28,0	18,4	23,2	1,00	1,00	32,97	1	2	7,93
278	0,76164	82,80	28,6	22,0	25,3	1,25	1,00	32,97	1	2	9,93
279	0,76438	80,30	31,6	20,4	26,0	1,25	1,00	32,98	1	2	9,94
280	0,76712	90,00	29,5	23,1	26,3	1,25	0,75	32,99	1	2	7,47
281	0,76986	86,00	29,0	22,0	25,5	1,25	0,75	33,00	1	2	7,48
282	0,77260	79,80	28,2	19,4	23,8	1,00	1,00	33,00	1	2	7,99
283	0,77534	76,80	28,0	17,4	22,7	1,00	1,00	33,01	1	2	8,00
284	0,77808	85,30	28,2	20,0	24,1	1,00	0,75	33,02	1	2	6,01
285	0,78082	89,30	29,6	23,1	26,4	1,25	0,75	33,02	1	2	7,53
286	0,78356	81,80	27,7	21,2	24,5	1,00	1,00	33,03	1	2	8,04
287	0,78630	84,00	28,6	17,2	22,9	1,00	1,00	33,04	1	2	8,05
288	0,78904	80,50	28,6	18,2	23,4	1,00	1,00	33,04	1	2	8,06
289	0,79178	83,00	28,1	16,2	22,2	1,00	1,00	33,05	1	2	8,08
290	0,79452	86,50	29,6	19,7	24,7	1,00	0,75	33,06	1	2	6,07
291	0,79726	93,30	30,3	22,0	26,2	1,25	0,75	33,06	1	2	7,60
292	0,80000	85,30	29,2	18,2	23,7	1,00	0,75	33,07	1	2	6,09
293	0,80274	80,00	27,8	16,7	22,3	1,00	1,00	33,08	1	2	8,13
294	0,80548	78,30	27,0	15,5	21,3	1,00	1,00	33,08	1	2	8,14
295	0,80822	73,00	28,8	17,6	23,2	1,00	1,00	33,09	1	2	8,15
296	0,81096	77,00	30,5	18,6	24,6	1,00	1,00	33,10	1	2	8,16
297	0,81370	71,80	24,8	15,4	20,1	1,00	1,00	33,10	1	2	8,17
298	0,81644	76,50	23,2	12,0	17,6	1,00	1,00	33,11	1	2	8,19
299	0,81918	89,50	25,6	14,2	19,9	1,00	0,75	33,12	1	2	6,15
300	0,82192	85,50	26,6	13,8	20,2	1,00	0,75	33,12	1	2	6,16
301	0,82466	82,80	29,3	18,8	24,1	1,00	1,00	33,13	1	2	8,22
302	0,82740	80,30	22,1	16,8	19,5	1,00	1,00	33,14	1	2	8,24
303	0,83014	85,50	26,0	15,2	20,6	1,00	0,75	33,14	1	2	6,19
304	0,83288	81,80	25,0	13,7	19,4	1,00	1,00	33,15	1	2	8,26
305	0,83562	79,00	26,4	13,8	20,1	1,00	1,00	33,15	1	2	8,27
306	0,83836	96,50	22,4	18,5	20,5	1,00	0,75	33,16	1	2	6,21
307	0,84110	82,30	27,2	17,4	22,3	1,00	1,00	33,17	1	2	8,30
308	0,84384	86,50	25,9	15,0	20,5	1,00	0,75	33,17	1	2	6,23
309	0,84658	85,50	28,7	15,0	21,9	1,00	0,75	33,18	1	2	6,24

310	0,84932	84,30	29,8	15,1	22,5	1,00	1,00	33,19	1	2	8,33
311	0,85205	84,80	30,0	15,8	22,9	1,00	1,00	33,19	1	2	8,34
312	0,85479	84,50	26,7	18,9	22,8	1,00	1,00	33,20	1	2	8,35
313	0,85753	71,00	24,4	14,8	19,6	1,00	1,00	33,20	1	2	8,37
314	0,86027	76,50	24,3	12,9	18,6	1,00	1,00	33,21	1	2	8,38
315	0,86301	83,30	24,6	11,4	18,0	1,00	1,00	33,22	1	2	8,39
316	0,86575	85,00	27,4	13,8	20,6	1,00	1,00	33,22	1	2	8,40
317	0,86849	78,00	29,6	13,5	21,6	1,00	1,00	33,23	1	2	8,41
318	0,87123	85,80	29,0	14,4	21,7	1,00	0,75	33,23	1	2	6,32
319	0,87397	78,30	25,0	15,9	20,5	1,00	1,00	33,24	1	2	8,44
320	0,87671	77,50	24,6	10,2	17,4	1,00	1,00	33,25	1	2	8,45
321	0,87945	90,00	26,3	15,1	20,7	1,00	0,75	33,25	1	2	6,35
322	0,88219	85,50	26,3	19,2	22,8	1,00	1,00	33,26	1	2	8,47
323	0,88493	81,80	23,5	19,5	21,5	1,00	1,00	33,26	1	2	8,48
324	0,88767	83,70	27,3	19,0	23,2	1,00	1,00	33,27	1	2	8,50
325	0,89041	67,50	24,4	15,0	19,7	1,00	1,00	33,27	1	2	8,51
326	0,89315	82,80	27,2	10,0	18,6	1,00	1,00	33,28	1	2	8,52
327	0,89589	83,00	27,6	17,0	22,3	1,00	1,00	33,29	1	2	8,53
328	0,89863	78,00	23,9	14,7	19,3	1,00	1,00	33,29	1	2	8,54
329	0,90137	77,80	23,0	12,0	17,5	1,00	1,00	33,30	1	2	8,55
330	0,90411	90,30	21,9	9,9	15,9	1,00	0,75	33,30	1	2	6,42
331	0,90685	90,50	23,6	16,3	20,0	1,00	0,75	33,31	1	2	6,43
332	0,90959	73,00	26,4	7,7	17,1	1,00	1,00	33,31	1	2	8,59
333	0,91233	78,30	25,6	8,1	16,9	1,00	1,00	33,32	1	2	8,60
334	0,91507	84,50	25,5	10,4	18,0	1,00	1,00	33,32	1	2	8,61
335	0,91781	79,50	24,6	10,8	17,7	1,00	1,00	33,33	1	2	8,62
336	0,92055	80,00	22,2	12,2	17,2	1,00	1,00	33,34	1	2	8,63
337	0,92329	83,50	22,8	14,8	18,8	1,00	1,00	33,34	1	2	8,65
338	0,92603	88,80	22,4	11,0	16,7	1,00	0,75	33,35	1	2	6,49
339	0,92877	93,00	20,4	15,4	17,9	1,00	0,75	33,35	1	2	6,50
340	0,93151	85,80	18,4	13,8	16,1	1,00	0,75	33,36	1	2	6,51
341	0,93425	64,30	18,0	8,3	13,2	1,00	1,00	33,36	1	2	8,69
342	0,93699	83,80	20,2	3,8	12,0	0,75	1,00	33,37	1	2	6,53
343	0,93973	73,50	21,6	3,7	12,7	0,75	1,00	33,37	1	2	6,54
344	0,94247	85,50	19,6	7,0	13,3	0,75	0,75	33,38	1	2	4,91
345	0,94521	81,30	21,0	6,2	13,6	0,75	1,00	33,38	1	2	6,55
346	0,94795	86,00	24,0	8,7	16,4	1,00	0,75	33,39	1	2	6,56
347	0,95068	95,30	21,2	12,3	16,8	1,00	0,75	33,39	1	2	6,57
348	0,95342	86,80	21,7	14,9	18,3	1,00	0,75	33,40	1	2	6,58
349	0,95616	88,30	20,4	12,2	16,3	1,00	0,75	33,40	1	2	6,59
350	0,95890	89,00	22,4	9,6	16,0	1,00	0,75	33,41	1	2	6,59
351	0,96164	86,00	24,4	13,4	18,9	1,00	0,75	33,41	1	2	6,60
352	0,96438	87,00	24,4	13,7	19,1	1,00	0,75	33,42	1	2	6,61
353	0,96712	85,80	25,4	13,8	19,6	1,00	0,75	33,42	1	2	6,62
354	0,96986	94,50	25,2	14,7	20,0	1,00	0,75	33,43	1	2	6,63

	355	0,97260	91,30	24,9	16,4	20,7	1,00	0,75	33,43	1	2	6,64
	356	0,97534	89,30	25,5	18,7	22,1	1,00	0,75	33,44	1	2	6,65
	357	0,97808	89,00	25,2	18,8	22,0	1,00	0,75	33,44	1	2	6,65
	358	0,98082	87,30	28,6	18,2	23,4	1,00	0,75	33,45	1	2	6,66
	359	0,98356	86,80	29,4	16,2	22,8	1,00	0,75	33,45	1	2	6,67
	360	0,98630	95,80	23,7	19,2	21,5	1,00	0,75	33,46	1	2	6,68
	361	0,98904	86,00	20,7	16,6	18,7	1,00	0,75	33,46	1	2	6,69
	362	0,99178	88,00	19,5	13,4	16,5	1,00	0,75	33,47	1	2	6,69
	363	0,99452	82,30	20,4	11,6	16,0	1,00	1,00	33,47	1	2	8,94
	364	0,99726	92,80	17,8	13,9	15,9	1,00	0,75	33,48	1	2	6,71
	365	1,00000	91,50	19,0	14,0	16,5	1,00	0,75	33,48	1	2	6,72
	366	1,00274	92,30	18,4	11,8	15,1	1,00	0,75	33,49	1	2	6,73
	367	1,00548	85,30	19,6	8,6	14,1	0,75	0,75	33,49	1	2	5,05
	368	1,00822	85,50	19,4	8,8	14,1	0,75	0,75	33,50	1	2	5,06
	369	1,01096	86,50	22,2	6,4	14,3	0,75	0,75	33,50	1	2	5,06
	370	1,01370	86,30	23,6	7,4	15,5	1,00	0,75	33,51	1	2	6,76
	371	1,01644	89,30	24,4	9,6	17,0	1,00	0,75	33,51	1	2	6,77
	372	1,01918	91,00	23,2	15,2	19,2	1,00	0,75	33,52	1	2	6,78
	373	1,02192	95,50	20,1	16,0	18,1	1,00	0,75	33,52	1	2	6,79
	374	1,02466	75,50	27,6	17,4	22,5	1,00	1,00	33,53	1	2	9,06
	375	1,02740	91,00	22,8	16,0	19,4	1,00	0,75	33,53	1	2	6,80
	376	1,03014	97,00	16,2	12,3	14,3	0,75	0,75	33,54	1	2	5,11
	377	1,03288	94,30	20,5	13,2	16,9	1,00	0,75	33,54	1	2	6,82
	378	1,03562	92,50	19,2	15,1	17,2	1,00	0,75	33,55	1	2	6,83
	379	1,03836	70,30	16,1	9,6	12,9	0,75	1,00	33,55	1	2	6,83
	380	1,04110	80,80	14,9	5,3	10,1	0,75	1,00	33,55	1	2	6,84
	381	1,04384	89,30	15,2	3,2	9,2	0,75	0,75	33,56	1	2	5,14
	382	1,04658	76,50	16,4	8,8	12,6	0,75	1,00	33,56	1	2	6,86
	383	1,04932	63,50	14,6	6,8	10,7	0,75	1,00	33,57	1	2	6,87
	384	1,05205	67,30	18,8	6,0	12,4	0,75	1,00	33,57	1	2	6,87
	385	1,05479	79,30	18,2	2,4	10,3	0,75	1,00	33,58	1	2	6,88
	386	1,05753	78,50	13,8	6,6	10,2	0,75	1,00	33,58	1	2	6,89
	387	1,06027	81,50	13,4	3,0	8,2	0,75	1,00	33,59	1	2	6,90
	388	1,06301	84,50	19,8	4,9	12,4	0,75	1,00	33,59	1	2	6,91
	389	1,06575	89,30	15,4	7,9	11,7	0,75	0,75	33,59	1	2	5,19
	390	1,06849	89,50	18,6	11,2	14,9	0,75	0,75	33,60	1	2	5,19
	391	1,07123	80,80	14,3	6,2	10,3	0,75	1,00	33,60	1	2	6,93
	392	1,07397	88,50	17,2	2,2	9,7	0,75	0,75	33,61	1	2	5,20
	393	1,07671	87,80	19,2	9,0	14,1	0,75	0,75	33,61	1	2	5,21
	394	1,07945	86,00	21,6	11,7	16,7	1,00	0,75	33,62	1	2	6,95
	395	1,08219	88,00	25,4	8,2	16,8	1,00	0,75	33,62	1	2	6,96
	396	1,08493	89,30	24,0	8,7	16,4	1,00	0,75	33,63	1	2	6,97
	397	1,08767	86,00	23,9	11,0	17,5	1,00	0,75	33,63	1	2	6,98
	398	1,09041	86,00	22,3	15,6	19,0	1,00	0,75	33,63	1	2	6,99
4º período	399	1,09315	89,30	17,0	9,2	13,1	0,75	0,75	33,64	1	2	5,25

400	1,09589	87,30	18,4	3,8	11,1	0,75	0,75	33,64	1	2	5,25
401	1,09863	89,00	18,2	11,8	15,0	0,75	0,75	33,65	1	2	5,26
402	1,10137	80,00	13,2	7,7	10,5	0,75	1,00	33,65	1	2	7,02
403	1,10411	90,50	16,8	2,4	9,6	0,75	0,75	33,65	1	2	5,27
404	1,10685	88,50	17,4	7,4	12,4	0,75	0,75	33,66	1	2	5,27
405	1,10959	89,30	16,5	11,4	14,0	0,75	0,75	33,66	1	2	5,28
406	1,11233	84,50	18,5	10,8	14,7	0,75	1,00	33,67	1	2	7,05
407	1,11507	88,00	19,1	12,0	15,6	1,00	0,75	33,67	1	2	7,06
408	1,11781	86,30	19,6	7,3	13,5	0,75	0,75	33,68	1	2	5,30
409	1,12055	94,00	17,1	10,6	13,9	0,75	0,75	33,68	1	2	5,30
410	1,12329	90,80	21,6	11,2	16,4	1,00	0,75	33,68	1	2	7,08
411	1,12603	96,30	17,9	13,6	15,8	1,00	0,75	33,69	1	2	7,09
412	1,12877	90,80	13,6	9,2	11,4	0,75	0,75	33,69	1	2	5,32
413	1,13151	84,50	14,8	7,0	10,9	0,75	1,00	33,70	1	2	7,10
414	1,13425	86,80	15,3	5,0	10,2	0,75	0,75	33,70	1	2	5,33
415	1,13699	96,70	17,6	10,5	14,1	0,75	0,75	33,70	1	2	5,34
416	1,13973	93,00	18,8	9,8	14,3	0,75	0,75	33,71	1	2	5,34
417	1,14247	97,00	16,3	13,5	14,9	0,75	0,75	33,71	1	2	5,35
418	1,14521	92,30	16,2	11,7	14,0	0,75	0,75	33,72	1	2	5,36
419	1,14795	89,00	15,6	9,2	12,4	0,75	0,75	33,72	1	2	5,36
420	1,15068	90,80	16,2	4,8	10,5	0,75	0,75	33,72	1	2	5,37
421	1,15342	91,50	17,7	6,2	12,0	0,75	0,75	33,73	1	2	5,37
422	1,15616	91,80	17,0	12,4	14,7	0,75	0,75	33,73	1	2	5,38
423	1,15890	88,20	20,2	10,8	15,5	1,00	0,75	33,74	1	2	7,18
424	1,16164	92,00	18,8	9,8	14,3	0,75	0,75	33,74	1	2	5,39
425	1,16438	95,50	17,8	10,7	14,3	0,75	0,75	33,74	1	2	5,40
426	1,16712	90,30	23,3	12,6	18,0	1,00	0,75	33,75	1	2	7,20
427	1,16986	82,80	27,8	16,0	21,9	1,00	1,00	33,75	1	2	9,61
428	1,17260	91,30	22,8	15,7	19,3	1,00	0,75	33,75	1	2	7,22
429	1,17534	76,30	27,2	15,2	21,2	1,00	1,00	33,76	1	2	9,63
430	1,17808	85,00	21,2	11,6	16,4	1,00	1,00	33,76	1	2	9,64
431	1,18082	86,30	27,8	14,9	21,4	1,00	0,75	33,77	1	2	7,24
432	1,18356	96,50	18,1	14,3	16,2	1,00	0,75	33,77	1	2	7,25
433	1,18630	85,30	18,0	10,4	14,2	1,00	0,75	33,77	1	2	7,26
434	1,18904	95,00	20,0	14,8	17,4	1,00	0,75	33,78	1	2	7,26
435	1,19178	87,30	27,6	16,6	22,1	1,00	0,75	33,78	1	2	7,27
436	1,19452	70,50	30,5	19,7	25,1	1,25	1,00	33,79	1	2	12,13
437	1,19726	83,50	30,0	18,4	24,2	1,00	1,00	33,79	1	2	9,71
438	1,20000	81,00	31,0	18,2	24,6	1,00	1,00	33,79	1	2	9,72
439	1,20274	69,00	29,0	17,4	23,2	1,00	1,00	33,80	1	2	9,74
440	1,20548	95,30	20,6	14,4	17,5	1,00	0,75	33,80	1	2	7,31
441	1,20822	95,80	20,5	17,2	18,9	1,00	0,75	33,80	1	2	7,32
442	1,21096	91,00	22,2	17,3	19,8	1,00	0,75	33,81	1	2	7,32
443	1,21370	95,00	20,7	16,3	18,5	1,00	0,75	33,81	1	2	7,33
444	1,21644	91,00	19,0	12,8	15,9	1,00	0,75	33,81	1	2	7,34

445	1,21918	87,80	17,6	10,2	13,9	0,75	0,75	33,82	1	2	5,51
446	1,22192	94,00	22,0	16,7	19,4	1,00	0,75	33,82	1	2	7,35
447	1,22466	97,50	19,6	15,8	17,7	1,00	0,75	33,83	1	2	7,36
448	1,22740	91,80	18,8	11,0	14,9	0,75	0,75	33,83	1	2	5,53
449	1,23014	79,80	18,5	10,6	14,6	0,75	1,00	33,83	1	2	7,38
450	1,23288	84,50	20,0	13,8	16,9	1,00	1,00	33,84	1	2	9,84
451	1,23562	85,00	22,4	14,4	18,4	1,00	1,00	33,84	1	2	9,85
452	1,23836	65,80	18,2	10,6	14,4	0,75	1,00	33,84	1	2	7,40
453	1,24110	86,30	15,3	7,2	11,3	0,75	0,75	33,85	1	2	5,55
454	1,24384	84,00	19,6	8,9	14,3	0,75	1,00	33,85	1	2	7,41
455	1,24658	93,50	19,5	16,3	17,9	1,00	0,75	33,85	1	2	7,42
456	1,24932	64,80	21,4	13,3	17,4	1,00	1,00	33,86	1	2	9,90
457	1,25205	66,50	22,2	7,2	14,7	0,75	1,00	33,86	1	2	7,44
458	1,25479	63,00	29,1	10,2	19,7	1,00	1,00	33,86	1	2	9,92
459	1,25753	81,30	28,2	14,8	21,5	1,00	1,00	33,87	1	2	9,93
460	1,26027	71,00	32,9	17,0	25,0	1,00	1,00	33,87	1	2	9,94
461	1,26301	76,80	18,6	10,4	14,5	0,75	1,00	33,87	1	2	7,46
462	1,26575	78,30	18,6	10,3	14,5	0,75	1,00	33,88	1	2	7,47
463	1,26849	88,50	18,5	12,7	15,6	1,00	0,75	33,88	1	2	7,48
464	1,27123	90,50	15,3	12,4	13,9	0,75	0,75	33,89	1	2	5,61
465	1,27397	83,00	17,6	10,2	13,9	0,75	1,00	33,89	1	2	7,49
466	1,27671	90,50	17,6	9,3	13,5	0,75	0,75	33,89	1	2	5,63
467	1,27945	87,00	20,7	12,0	16,4	1,00	0,75	33,90	1	2	7,51
468	1,28219	90,30	21,0	11,2	16,1	1,00	0,75	33,90	1	2	7,52
469	1,28493	83,50	22,4	11,3	16,9	1,00	1,00	33,90	1	2	10,03
470	1,28767	93,00	15,5	11,3	13,4	0,75	0,75	33,91	1	2	5,65
471	1,29041	58,30	14,2	5,8	10,0	0,75	1,00	33,91	1	2	7,54
472	1,29315	53,80	17,4	1,8	9,6	0,75	0,75	33,91	1	2	5,66
473	1,29589	61,50	21,8	4,4	13,1	0,75	1,00	33,92	1	2	7,55
474	1,29863	60,80	27,1	7,1	17,1	1,00	1,00	33,92	1	2	10,08
475	1,30137	72,00	27,7	9,5	18,6	1,00	1,00	33,92	1	2	10,09
476	1,30411	95,00	19,0	12,2	15,6	1,00	0,75	33,93	1	2	7,57
477	1,30685	90,80	15,3	11,2	13,3	0,75	0,75	33,93	1	2	5,69
478	1,30959	79,50	19,5	13,9	16,7	1,00	1,00	33,93	1	2	10,12
479	1,31233	88,50	18,6	13,3	16,0	1,00	0,75	33,94	1	2	7,60
480	1,31507	92,50	19,1	14,3	16,7	1,00	0,75	33,94	1	2	7,60
481	1,31781	97,50	19,0	14,7	16,9	1,00	0,75	33,94	1	2	7,61
482	1,32055	95,00	22,6	16,3	19,5	1,00	0,75	33,94	1	2	7,62
483	1,32329	94,50	21,4	17,7	19,6	1,00	0,75	33,95	1	2	7,62
484	1,32603	97,80	20,6	17,7	19,2	1,00	0,75	33,95	1	2	7,63
485	1,32877	93,80	20,0	15,7	17,9	1,00	0,75	33,95	1	2	7,64
486	1,33151	87,70	21,8	15,1	18,5	1,00	0,75	33,96	1	2	7,65
487	1,33425	76,00	20,0	14,2	17,1	1,00	1,00	33,96	1	2	10,20

APÊNDICE C – Resultado da análise dos modelos de previsão de vida útil para penetração de CO_2

Modelo de Vesikari (1988)					
Período	**t (anos)**	**a/c**	**k**	**4k**	**e_c (mm)**
1º período	0,00274	0,6	3,94	15,76	0,82
	0,00548	0,6	3,94	15,76	1,17
	0,00822	0,6	3,94	15,76	1,43
	0,01096	0,6	3,94	15,76	1,65
	0,01370	0,6	3,94	15,76	1,84
	0,01644	0,6	3,94	15,76	2,02
	0,01918	0,6	3,94	15,76	2,18
	0,02192	0,6	3,94	15,76	2,33
	0,02466	0,6	3,94	15,76	2,47
	0,02740	0,6	3,94	15,76	2,61
	0,03014	0,6	3,94	15,76	2,74
	0,03288	0,6	3,94	15,76	2,86
	0,03562	0,6	3,94	15,76	2,97
	0,03836	0,6	3,94	15,76	3,09
	0,04110	0,6	3,94	15,76	3,19
	0,04384	0,6	3,94	15,76	3,30
	0,04658	0,6	3,94	15,76	3,40
	0,04932	0,6	3,94	15,76	3,50
	0,05205	0,6	3,94	15,76	3,60
	0,05479	0,6	3,94	15,76	3,69
	0,05753	0,6	3,94	15,76	3,78
	0,06027	0,6	3,94	15,76	3,87
	0,06301	0,6	3,94	15,76	3,96
	0,06575	0,6	3,94	15,76	4,04
	0,06849	0,6	3,94	15,76	4,12
	0,07123	0,6	3,94	15,76	4,21
	0,07397	0,6	3,94	15,76	4,29
	0,07671	0,6	3,94	15,76	4,37
	0,07945	0,6	3,94	15,76	4,44
	0,08219	0,6	3,94	15,76	4,52
	0,08493	0,6	3,94	15,76	4,59
	0,08767	0,6	3,94	15,76	4,67
	0,09041	0,6	3,94	15,76	4,74
	0,09315	0,6	3,94	15,76	4,81
	0,09589	0,6	3,94	15,76	4,88
	0,09863	0,6	3,94	15,76	4,95
	0,10137	0,6	3,94	15,76	5,02
	0,10411	0,6	3,94	15,76	5,09
	0,10685	0,6	3,94	15,76	5,15
	0,10959	0,6	3,94	15,76	5,22

	0,11233	0,6	3,94	15,76	5,28
	0,11507	0,6	3,94	15,76	5,35
	0,11781	0,6	3,94	15,76	5,41
	0,12055	0,6	3,94	15,76	5,47
	0,12329	0,6	3,94	15,76	5,53
	0,12603	0,6	3,94	15,76	5,59
	0,12877	0,6	3,94	15,76	5,66
	0,13151	0,6	3,94	15,76	5,72
	0,13425	0,6	3,94	15,76	5,77
	0,13699	0,6	3,94	15,76	5,83
	0,13973	0,6	3,94	15,76	5,89
	0,14247	0,6	3,94	15,76	5,95
	0,14521	0,6	3,94	15,76	6,01
	0,14795	0,6	3,94	15,76	6,06
	0,15068	0,6	3,94	15,76	6,12
	0,15342	0,6	3,94	15,76	6,17
	0,15616	0,6	3,94	15,76	6,23
	0,15890	0,6	3,94	15,76	6,28
	0,16164	0,6	3,94	15,76	6,34
	0,16438	0,6	3,94	15,76	6,39
	0,16712	0,6	3,94	15,76	6,44
	0,16986	0,6	3,94	15,76	6,50
	0,17260	0,6	3,94	15,76	6,55
	0,17534	0,6	3,94	15,76	6,60
	0,17808	0,6	3,94	15,76	6,65
	0,18082	0,6	3,94	15,76	6,70
	0,18356	0,6	3,94	15,76	6,75
	0,18630	0,6	3,94	15,76	6,80
	0,18904	0,6	3,94	15,76	6,85
	0,19178	0,6	3,94	15,76	6,90
	0,19452	0,6	3,94	15,76	6,95
	0,19726	0,6	3,94	15,76	7,00
	0,20000	0,6	3,94	15,76	7,05
	0,20274	0,6	3,94	15,76	7,10
	0,20548	0,6	3,94	15,76	7,14
	0,20822	0,6	3,94	15,76	7,19
	0,21096	0,6	3,94	15,76	7,24
	0,21370	0,6	3,94	15,76	7,29
	0,21644	0,6	3,94	15,76	7,33
	0,21918	0,6	3,94	15,76	7,38
	0,22192	0,6	3,94	15,76	7,42
	0,22466	0,6	3,94	15,76	7,47
	0,22740	0,6	3,94	15,76	7,52
	0,23014	0,6	3,94	15,76	7,56
	0,23288	0,6	3,94	15,76	7,61

	0,23562	0,6	3,94	15,76	7,65
	0,23836	0,6	3,94	15,76	7,69
	0,24110	0,6	3,94	15,76	7,74
	0,24384	0,6	3,94	15,76	7,78
	0,24658	0,6	3,94	15,76	7,83
	0,24932	0,6	3,94	15,76	7,87
	0,25205	0,6	3,94	15,76	7,91
	0,25479	0,6	3,94	15,76	7,96
	0,25753	0,6	3,94	15,76	8,00
	0,26027	0,6	3,94	15,76	8,04
	0,26301	0,6	3,94	15,76	8,08
	0,26575	0,6	3,94	15,76	8,12
	0,26849	0,6	3,94	15,76	8,17
	0,27123	0,6	3,94	15,76	8,21
	0,27397	0,6	3,94	15,76	8,25
	0,27671	0,6	3,94	15,76	8,29
	0,27945	0,6	3,94	15,76	8,33
	0,28219	0,6	3,94	15,76	8,37
	0,28493	0,6	3,94	15,76	8,41
	0,28767	0,6	3,94	15,76	8,45
	0,29041	0,6	3,94	15,76	8,49
	0,29315	0,6	3,94	15,76	8,53
	0,29589	0,6	3,94	15,76	8,57
	0,29863	0,6	3,94	15,76	8,61
	0,30137	0,6	3,94	15,76	8,65
	0,30411	0,6	3,94	15,76	8,69
	0,30685	0,6	3,94	15,76	8,73
	0,30959	0,6	3,94	15,76	8,77
	0,31233	0,6	3,94	15,76	8,81
	0,31507	0,6	3,94	15,76	8,85
	0,31781	0,6	3,94	15,76	8,88
	0,32055	0,6	3,94	15,76	8,92
	0,32329	0,6	3,94	15,76	8,96
	0,32603	0,6	3,94	15,76	9,00
2º período	0,32877	0,6	3,94	15,76	9,04
	0,33151	0,6	3,94	15,76	9,07
	0,33425	0,6	3,94	15,76	9,11
	0,33699	0,6	3,94	15,76	9,15
	0,33973	0,6	3,94	15,76	9,19
	0,34247	0,6	3,94	15,76	9,22
	0,34521	0,6	3,94	15,76	9,26
	0,34795	0,6	3,94	15,76	9,30
	0,35068	0,6	3,94	15,76	9,33
	0,35342	0,6	3,94	15,76	9,37
	0,35616	0,6	3,94	15,76	9,41

	0,35890	0,6	3,94	15,76	9,44
	0,36164	0,6	3,94	15,76	9,48
	0,36438	0,6	3,94	15,76	9,51
	0,36712	0,6	3,94	15,76	9,55
	0,36986	0,6	3,94	15,76	9,58
	0,37260	0,6	3,94	15,76	9,62
	0,37534	0,6	3,94	15,76	9,66
	0,37808	0,6	3,94	15,76	9,69
	0,38082	0,6	3,94	15,76	9,73
	0,38356	0,6	3,94	15,76	9,76
	0,38630	0,6	3,94	15,76	9,80
	0,38904	0,6	3,94	15,76	9,83
	0,39178	0,6	3,94	15,76	9,86
	0,39452	0,6	3,94	15,76	9,90
	0,39726	0,6	3,94	15,76	9,93
	0,40000	0,6	3,94	15,76	9,97
	0,40274	0,6	3,94	15,76	10,00
	0,40548	0,6	3,94	15,76	10,04
	0,40822	0,6	3,94	15,76	10,07
	0,41096	0,6	3,94	15,76	10,10
	0,41370	0,6	3,94	15,76	10,14
	0,41644	0,6	3,94	15,76	10,17
	0,41918	0,6	3,94	15,76	10,20
	0,42192	0,6	3,94	15,76	10,24
	0,42466	0,6	3,94	15,76	10,27
	0,42740	0,6	3,94	15,76	10,30
	0,43014	0,6	3,94	15,76	10,34
	0,43288	0,6	3,94	15,76	10,37
	0,43562	0,6	3,94	15,76	10,40
	0,43836	0,6	3,94	15,76	10,43
	0,44110	0,6	3,94	15,76	10,47
	0,44384	0,6	3,94	15,76	10,50
	0,44658	0,6	3,94	15,76	10,53
	0,44932	0,6	3,94	15,76	10,56
	0,45205	0,6	3,94	15,76	10,60
	0,45479	0,6	3,94	15,76	10,63
	0,45753	0,6	3,94	15,76	10,66
	0,46027	0,6	3,94	15,76	10,69
	0,46301	0,6	3,94	15,76	10,72
	0,46575	0,6	3,94	15,76	10,76
	0,46849	0,6	3,94	15,76	10,79
	0,47123	0,6	3,94	15,76	10,82
	0,47397	0,6	3,94	15,76	10,85
	0,47671	0,6	3,94	15,76	10,88
	0,47945	0,6	3,94	15,76	10,91

	0,48219	0,6	3,94	15,76	10,94
	0,48493	0,6	3,94	15,76	10,97
	0,48767	0,6	3,94	15,76	11,01
	0,49041	0,6	3,94	15,76	11,04
	0,49315	0,6	3,94	15,76	11,07
	0,49589	0,6	3,94	15,76	11,10
	0,49863	0,6	3,94	15,76	11,13
	0,50137	0,6	3,94	15,76	11,16
	0,50411	0,6	3,94	15,76	11,19
	0,50685	0,6	3,94	15,76	11,22
	0,50959	0,6	3,94	15,76	11,25
	0,51233	0,6	3,94	15,76	11,28
	0,51507	0,6	3,94	15,76	11,31
	0,51781	0,6	3,94	15,76	11,34
	0,52055	0,6	3,94	15,76	11,37
	0,52329	0,6	3,94	15,76	11,40
	0,52603	0,6	3,94	15,76	11,43
	0,52877	0,6	3,94	15,76	11,46
	0,53151	0,6	3,94	15,76	11,49
	0,53425	0,6	3,94	15,76	11,52
	0,53699	0,6	3,94	15,76	11,55
	0,53973	0,6	3,94	15,76	11,58
	0,54247	0,6	3,94	15,76	11,61
	0,54521	0,6	3,94	15,76	11,64
	0,54795	0,6	3,94	15,76	11,67
	0,55068	0,6	3,94	15,76	11,70
	0,55342	0,6	3,94	15,76	11,72
	0,55616	0,6	3,94	15,76	11,75
	0,55890	0,6	3,94	15,76	11,78
	0,56164	0,6	3,94	15,76	11,81
	0,56438	0,6	3,94	15,76	11,84
	0,56712	0,6	3,94	15,76	11,87
	0,56986	0,6	3,94	15,76	11,90
	0,57260	0,6	3,94	15,76	11,93
	0,57534	0,6	3,94	15,76	11,95
	0,57808	0,6	3,94	15,76	11,98
	0,58082	0,6	3,94	15,76	12,01
	0,58356	0,6	3,94	15,76	12,04
	0,58630	0,6	3,94	15,76	12,07
	0,58904	0,6	3,94	15,76	12,10
	0,59178	0,6	3,94	15,76	12,12
	0,59452	0,6	3,94	15,76	12,15
	0,59726	0,6	3,94	15,76	12,18
	0,60000	0,6	3,94	15,76	12,21
	0,60274	0,6	3,94	15,76	12,24

	0,60548	0,6	3,94	15,76	12,26
	0,60822	0,6	3,94	15,76	12,29
	0,61096	0,6	3,94	15,76	12,32
	0,61370	0,6	3,94	15,76	12,35
	0,61644	0,6	3,94	15,76	12,37
	0,61918	0,6	3,94	15,76	12,40
	0,62192	0,6	3,94	15,76	12,43
	0,62466	0,6	3,94	15,76	12,46
	0,62740	0,6	3,94	15,76	12,48
	0,63014	0,6	3,94	15,76	12,51
	0,63288	0,6	3,94	15,76	12,54
	0,63562	0,6	3,94	15,76	12,56
	0,63836	0,6	3,94	15,76	12,59
	0,64110	0,6	3,94	15,76	12,62
	0,64384	0,6	3,94	15,76	12,65
	0,64658	0,6	3,94	15,76	12,67
	0,64932	0,6	3,94	15,76	12,70
	0,65205	0,6	3,94	15,76	12,73
	0,65479	0,6	3,94	15,76	12,75
	0,65753	0,6	3,94	15,76	12,78
	0,66027	0,6	3,94	15,76	12,81
	0,66301	0,6	3,94	15,76	12,83
	0,66575	0,6	3,94	15,76	12,86
3º período	0,66849	0,6	3,94	15,76	12,89
	0,67123	0,6	3,94	15,76	12,91
	0,67397	0,6	3,94	15,76	12,94
	0,67671	0,6	3,94	15,76	12,96
	0,67945	0,6	3,94	15,76	12,99
	0,68219	0,6	3,94	15,76	13,02
	0,68493	0,6	3,94	15,76	13,04
	0,68767	0,6	3,94	15,76	13,07
	0,69041	0,6	3,94	15,76	13,10
	0,69315	0,6	3,94	15,76	13,12
	0,69589	0,6	3,94	15,76	13,15
	0,69863	0,6	3,94	15,76	13,17
	0,70137	0,6	3,94	15,76	13,20
	0,70411	0,6	3,94	15,76	13,22
	0,70685	0,6	3,94	15,76	13,25
	0,70959	0,6	3,94	15,76	13,28
	0,71233	0,6	3,94	15,76	13,30
	0,71507	0,6	3,94	15,76	13,33
	0,71781	0,6	3,94	15,76	13,35
	0,72055	0,6	3,94	15,76	13,38
	0,72329	0,6	3,94	15,76	13,40
	0,72603	0,6	3,94	15,76	13,43

	0,72877	0,6	3,94	15,76	13,45
	0,73151	0,6	3,94	15,76	13,48
	0,73425	0,6	3,94	15,76	13,50
	0,73699	0,6	3,94	15,76	13,53
	0,73973	0,6	3,94	15,76	13,55
	0,74247	0,6	3,94	15,76	13,58
	0,74521	0,6	3,94	15,76	13,60
	0,74795	0,6	3,94	15,76	13,63
	0,75068	0,6	3,94	15,76	13,65
	0,75342	0,6	3,94	15,76	13,68
	0,75616	0,6	3,94	15,76	13,70
	0,75890	0,6	3,94	15,76	13,73
	0,76164	0,6	3,94	15,76	13,75
	0,76438	0,6	3,94	15,76	13,78
	0,76712	0,6	3,94	15,76	13,80
	0,76986	0,6	3,94	15,76	13,83
	0,77260	0,6	3,94	15,76	13,85
	0,77534	0,6	3,94	15,76	13,88
	0,77808	0,6	3,94	15,76	13,90
	0,78082	0,6	3,94	15,76	13,93
	0,78356	0,6	3,94	15,76	13,95
	0,78630	0,6	3,94	15,76	13,97
	0,78904	0,6	3,94	15,76	14,00
	0,79178	0,6	3,94	15,76	14,02
	0,79452	0,6	3,94	15,76	14,05
	0,79726	0,6	3,94	15,76	14,07
	0,80000	0,6	3,94	15,76	14,10
	0,80274	0,6	3,94	15,76	14,12
	0,80548	0,6	3,94	15,76	14,14
	0,80822	0,6	3,94	15,76	14,17
	0,81096	0,6	3,94	15,76	14,19
	0,81370	0,6	3,94	15,76	14,22
	0,81644	0,6	3,94	15,76	14,24
	0,81918	0,6	3,94	15,76	14,26
	0,82192	0,6	3,94	15,76	14,29
	0,82466	0,6	3,94	15,76	14,31
	0,82740	0,6	3,94	15,76	14,34
	0,83014	0,6	3,94	15,76	14,36
	0,83288	0,6	3,94	15,76	14,38
	0,83562	0,6	3,94	15,76	14,41
	0,83836	0,6	3,94	15,76	14,43
	0,84110	0,6	3,94	15,76	14,45
	0,84384	0,6	3,94	15,76	14,48
	0,84658	0,6	3,94	15,76	14,50
	0,84932	0,6	3,94	15,76	14,52

	0,85205	0,6	3,94	15,76	14,55
	0,85479	0,6	3,94	15,76	14,57
	0,85753	0,6	3,94	15,76	14,59
	0,86027	0,6	3,94	15,76	14,62
	0,86301	0,6	3,94	15,76	14,64
	0,86575	0,6	3,94	15,76	14,66
	0,86849	0,6	3,94	15,76	14,69
	0,87123	0,6	3,94	15,76	14,71
	0,87397	0,6	3,94	15,76	14,73
	0,87671	0,6	3,94	15,76	14,76
	0,87945	0,6	3,94	15,76	14,78
	0,88219	0,6	3,94	15,76	14,80
	0,88493	0,6	3,94	15,76	14,83
	0,88767	0,6	3,94	15,76	14,85
	0,89041	0,6	3,94	15,76	14,87
	0,89315	0,6	3,94	15,76	14,89
	0,89589	0,6	3,94	15,76	14,92
	0,89863	0,6	3,94	15,76	14,94
	0,90137	0,6	3,94	15,76	14,96
	0,90411	0,6	3,94	15,76	14,99
	0,90685	0,6	3,94	15,76	15,01
	0,90959	0,6	3,94	15,76	15,03
	0,91233	0,6	3,94	15,76	15,05
	0,91507	0,6	3,94	15,76	15,08
	0,91781	0,6	3,94	15,76	15,10
	0,92055	0,6	3,94	15,76	15,12
	0,92329	0,6	3,94	15,76	15,14
	0,92603	0,6	3,94	15,76	15,17
	0,92877	0,6	3,94	15,76	15,19
	0,93151	0,6	3,94	15,76	15,21
	0,93425	0,6	3,94	15,76	15,23
	0,93699	0,6	3,94	15,76	15,26
	0,93973	0,6	3,94	15,76	15,28
	0,94247	0,6	3,94	15,76	15,30
	0,94521	0,6	3,94	15,76	15,32
	0,94795	0,6	3,94	15,76	15,34
	0,95068	0,6	3,94	15,76	15,37
	0,95342	0,6	3,94	15,76	15,39
	0,95616	0,6	3,94	15,76	15,41
	0,95890	0,6	3,94	15,76	15,43
	0,96164	0,6	3,94	15,76	15,45
	0,96438	0,6	3,94	15,76	15,48
	0,96712	0,6	3,94	15,76	15,50
	0,96986	0,6	3,94	15,76	15,52
	0,97260	0,6	3,94	15,76	15,54

	0,97534	0,6	3,94	15,76	15,56
	0,97808	0,6	3,94	15,76	15,59
	0,98082	0,6	3,94	15,76	15,61
	0,98356	0,6	3,94	15,76	15,63
	0,98630	0,6	3,94	15,76	15,65
	0,98904	0,6	3,94	15,76	15,67
	0,99178	0,6	3,94	15,76	15,70
	0,99452	0,6	3,94	15,76	15,72
	0,99726	0,6	3,94	15,76	15,74
	1,00000	0,6	3,94	15,76	15,76
	1,00274	0,6	3,94	15,76	15,78
	1,00548	0,6	3,94	15,76	15,80
	1,00822	0,6	3,94	15,76	15,82
	1,01096	0,6	3,94	15,76	15,85
	1,01370	0,6	3,94	15,76	15,87
	1,01644	0,6	3,94	15,76	15,89
	1,01918	0,6	3,94	15,76	15,91
	1,02192	0,6	3,94	15,76	15,93
	1,02466	0,6	3,94	15,76	15,95
	1,02740	0,6	3,94	15,76	15,97
	1,03014	0,6	3,94	15,76	16,00
	1,03288	0,6	3,94	15,76	16,02
	1,03562	0,6	3,94	15,76	16,04
	1,03836	0,6	3,94	15,76	16,06
4º período	1,04110	0,6	3,94	15,76	16,08
	1,04384	0,6	3,94	15,76	16,10
	1,04658	0,6	3,94	15,76	16,12
	1,04932	0,6	3,94	15,76	16,14
	1,05205	0,6	3,94	15,76	16,16
	1,05479	0,6	3,94	15,76	16,19
	1,05753	0,6	3,94	15,76	16,21
	1,06027	0,6	3,94	15,76	16,23
	1,06301	0,6	3,94	15,76	16,25
	1,06575	0,6	3,94	15,76	16,27
	1,06849	0,6	3,94	15,76	16,29
	1,07123	0,6	3,94	15,76	16,31
	1,07397	0,6	3,94	15,76	16,33
	1,07671	0,6	3,94	15,76	16,35
	1,07945	0,6	3,94	15,76	16,37
	1,08219	0,6	3,94	15,76	16,39
	1,08493	0,6	3,94	15,76	16,42
	1,08767	0,6	3,94	15,76	16,44
	1,09041	0,6	3,94	15,76	16,46
	1,09315	0,6	3,94	15,76	16,48
	1,09589	0,6	3,94	15,76	16,50

	1,09863	0,6	3,94	15,76	16,52
	1,10137	0,6	3,94	15,76	16,54
	1,10411	0,6	3,94	15,76	16,56
	1,10685	0,6	3,94	15,76	16,58
	1,10959	0,6	3,94	15,76	16,60
	1,11233	0,6	3,94	15,76	16,62
	1,11507	0,6	3,94	15,76	16,64
	1,11781	0,6	3,94	15,76	16,66
	1,12055	0,6	3,94	15,76	16,68
	1,12329	0,6	3,94	15,76	16,70
	1,12603	0,6	3,94	15,76	16,72
	1,12877	0,6	3,94	15,76	16,74
	1,13151	0,6	3,94	15,76	16,76
	1,13425	0,6	3,94	15,76	16,78
	1,13699	0,6	3,94	15,76	16,80
	1,13973	0,6	3,94	15,76	16,83
	1,14247	0,6	3,94	15,76	16,85
	1,14521	0,6	3,94	15,76	16,87
	1,14795	0,6	3,94	15,76	16,89
	1,15068	0,6	3,94	15,76	16,91
	1,15342	0,6	3,94	15,76	16,93
	1,15616	0,6	3,94	15,76	16,95
	1,15890	0,6	3,94	15,76	16,97
	1,16164	0,6	3,94	15,76	16,99
	1,16438	0,6	3,94	15,76	17,01
	1,16712	0,6	3,94	15,76	17,03
	1,16986	0,6	3,94	15,76	17,05
	1,17260	0,6	3,94	15,76	17,07
	1,17534	0,6	3,94	15,76	17,09
	1,17808	0,6	3,94	15,76	17,11
	1,18082	0,6	3,94	15,76	17,13
	1,18356	0,6	3,94	15,76	17,15
	1,18630	0,6	3,94	15,76	17,17
	1,18904	0,6	3,94	15,76	17,19
	1,19178	0,6	3,94	15,76	17,20
	1,19452	0,6	3,94	15,76	17,22
	1,19726	0,6	3,94	15,76	17,24
	1,20000	0,6	3,94	15,76	17,26
	1,20274	0,6	3,94	15,76	17,28
	1,20548	0,6	3,94	15,76	17,30
	1,20822	0,6	3,94	15,76	17,32
	1,21096	0,6	3,94	15,76	17,34
	1,21370	0,6	3,94	15,76	17,36
	1,21644	0,6	3,94	15,76	17,38
	1,21918	0,6	3,94	15,76	17,40

	1,22192	0,6	3,94	15,76	17,42
	1,22466	0,6	3,94	15,76	17,44
	1,22740	0,6	3,94	15,76	17,46
	1,23014	0,6	3,94	15,76	17,48
	1,23288	0,6	3,94	15,76	17,50
	1,23562	0,6	3,94	15,76	17,52
	1,23836	0,6	3,94	15,76	17,54
	1,24110	0,6	3,94	15,76	17,56
	1,24384	0,6	3,94	15,76	17,58
	1,24658	0,6	3,94	15,76	17,60
	1,24932	0,6	3,94	15,76	17,62
	1,25205	0,6	3,94	15,76	17,63
	1,25479	0,6	3,94	15,76	17,65
	1,25753	0,6	3,94	15,76	17,67
	1,26027	0,6	3,94	15,76	17,69
	1,26301	0,6	3,94	15,76	17,71
	1,26575	0,6	3,94	15,76	17,73
	1,26849	0,6	3,94	15,76	17,75
	1,27123	0,6	3,94	15,76	17,77
	1,27397	0,6	3,94	15,76	17,79
	1,27671	0,6	3,94	15,76	17,81
	1,27945	0,6	3,94	15,76	17,83
	1,28219	0,6	3,94	15,76	17,85
	1,28493	0,6	3,94	15,76	17,86
	1,28767	0,6	3,94	15,76	17,88
	1,29041	0,6	3,94	15,76	17,90
	1,29315	0,6	3,94	15,76	17,92
	1,29589	0,6	3,94	15,76	17,94
	1,29863	0,6	3,94	15,76	17,96
	1,30137	0,6	3,94	15,76	17,98
	1,30411	0,6	3,94	15,76	18,00
	1,30685	0,6	3,94	15,76	18,02
	1,30959	0,6	3,94	15,76	18,04
	1,31233	0,6	3,94	15,76	18,05
	1,31507	0,6	3,94	15,76	18,07
	1,31781	0,6	3,94	15,76	18,09
	1,32055	0,6	3,94	15,76	18,11
	1,32329	0,6	3,94	15,76	18,13
	1,32603	0,6	3,94	15,76	18,15
	1,32877	0,6	3,94	15,76	18,17
	1,33151	0,6	3,94	15,76	18,19
	1,33425	0,6	3,94	15,76	18,20

Modelo de Helene (1997) para concentração de CO2 = 1,2%						
Período	**Dia**	**t (anos)**	**fck (MPa)**	**Cs (%)**	**k**	**e_c (mm)**
1º período	1	0,00274	4,98	1,2	21,564	1,13
	2	0,00548	8,98	1,2	19,999	1,48
	3	0,00822	11,65	1,2	18,950	1,72
	4	0,01096	13,61	1,2	18,182	1,90
	5	0,01370	15,14	1,2	17,585	2,06
	6	0,01644	16,37	1,2	17,102	2,19
	7	0,01918	17,40	1,2	16,699	2,31
	8	0,02192	18,27	1,2	16,356	2,42
	9	0,02466	19,03	1,2	16,059	2,52
	10	0,02740	19,70	1,2	15,798	2,61
	11	0,03014	20,29	1,2	15,566	2,70
	12	0,03288	20,82	1,2	15,358	2,78
	13	0,03562	21,30	1,2	15,170	2,86
	14	0,03836	21,73	1,2	14,999	2,94
	15	0,04110	22,13	1,2	14,843	3,01
	16	0,04384	22,50	1,2	14,699	3,08
	17	0,04658	22,84	1,2	14,565	3,14
	18	0,04932	23,16	1,2	14,442	3,21
	19	0,05205	23,45	1,2	14,326	3,27
	20	0,05479	23,73	1,2	14,218	3,33
	21	0,05753	23,99	1,2	14,117	3,39
	22	0,06027	24,23	1,2	14,022	3,44
	23	0,06301	24,46	1,2	13,932	3,50
	24	0,06575	24,68	1,2	13,847	3,55
	25	0,06849	24,88	1,2	13,766	3,60
	26	0,07123	25,08	1,2	13,690	3,65
	27	0,07397	25,26	1,2	13,617	3,70
	28	0,07671	25,44	1,2	13,548	3,75
	29	0,07945	25,61	1,2	13,482	3,80
	30	0,08219	25,77	1,2	13,419	3,85
	31	0,08493	25,92	1,2	13,358	3,89
	32	0,08767	26,07	1,2	13,300	3,94
	33	0,09041	26,21	1,2	13,245	3,98
	34	0,09315	26,35	1,2	13,191	4,03
	35	0,09589	26,48	1,2	13,140	4,07
	36	0,09863	26,61	1,2	13,090	4,11
	37	0,10137	26,73	1,2	13,043	4,15
	38	0,10411	26,85	1,2	12,997	4,19
	39	0,10685	26,96	1,2	12,952	4,23
	40	0,10959	27,07	1,2	12,910	4,27
	41	0,11233	27,17	1,2	12,868	4,31
	42	0,11507	27,28	1,2	12,828	4,35
	43	0,11781	27,38	1,2	12,789	4,39

	44	0,12055	27,47	1,2	12,752	4,43
	45	0,12329	27,57	1,2	12,715	4,46
	46	0,12603	27,66	1,2	12,680	4,50
	47	0,12877	27,74	1,2	12,645	4,54
	48	0,13151	27,83	1,2	12,612	4,57
	49	0,13425	27,91	1,2	12,579	4,61
	50	0,13699	27,99	1,2	12,548	4,64
	51	0,13973	28,07	1,2	12,517	4,68
	52	0,14247	28,15	1,2	12,487	4,71
	53	0,14521	28,22	1,2	12,458	4,75
	54	0,14795	28,30	1,2	12,429	4,78
	55	0,15068	28,37	1,2	12,402	4,81
	56	0,15342	28,44	1,2	12,374	4,85
	57	0,15616	28,50	1,2	12,348	4,88
	58	0,15890	28,57	1,2	12,322	4,91
	59	0,16164	28,63	1,2	12,297	4,94
	60	0,16438	28,70	1,2	12,272	4,98
	61	0,16712	28,76	1,2	12,248	5,01
	62	0,16986	28,82	1,2	12,225	5,04
	63	0,17260	28,88	1,2	12,202	5,07
	64	0,17534	28,93	1,2	12,179	5,10
	65	0,17808	28,99	1,2	12,157	5,13
	66	0,18082	29,04	1,2	12,136	5,16
	67	0,18356	29,10	1,2	12,115	5,19
	68	0,18630	29,15	1,2	12,094	5,22
	69	0,18904	29,20	1,2	12,074	5,25
	70	0,19178	29,25	1,2	12,054	5,28
	71	0,19452	29,30	1,2	12,034	5,31
	72	0,19726	29,35	1,2	12,015	5,34
	73	0,20000	29,40	1,2	11,997	5,37
	74	0,20274	29,45	1,2	11,978	5,39
	75	0,20548	29,49	1,2	11,960	5,42
	76	0,20822	29,54	1,2	11,942	5,45
	77	0,21096	29,58	1,2	11,925	5,48
	78	0,21370	29,63	1,2	11,908	5,50
	79	0,21644	29,67	1,2	11,891	5,53
	80	0,21918	29,71	1,2	11,875	5,56
	81	0,22192	29,75	1,2	11,858	5,59
	82	0,22466	29,79	1,2	11,842	5,61
	83	0,22740	29,83	1,2	11,827	5,64
	84	0,23014	29,87	1,2	11,811	5,67
	85	0,23288	29,91	1,2	11,796	5,69
	86	0,23562	29,95	1,2	11,781	5,72
	87	0,23836	29,99	1,2	11,767	5,74
	88	0,24110	30,02	1,2	11,752	5,77

	89	0,24384	30,06	1,2	11,738	5,80
	90	0,24658	30,10	1,2	11,724	5,82
	91	0,24932	30,13	1,2	11,710	5,85
	92	0,25205	30,17	1,2	11,697	5,87
	93	0,25479	30,20	1,2	11,683	5,90
	94	0,25753	30,23	1,2	11,670	5,92
	95	0,26027	30,27	1,2	11,657	5,95
	96	0,26301	30,30	1,2	11,644	5,97
	97	0,26575	30,33	1,2	11,632	6,00
	98	0,26849	30,36	1,2	11,619	6,02
	99	0,27123	30,39	1,2	11,607	6,04
	100	0,27397	30,42	1,2	11,595	6,07
	101	0,27671	30,45	1,2	11,583	6,09
	102	0,27945	30,48	1,2	11,571	6,12
	103	0,28219	30,51	1,2	11,560	6,14
	104	0,28493	30,54	1,2	11,548	6,16
	105	0,28767	30,57	1,2	11,537	6,19
	106	0,29041	30,60	1,2	11,526	6,21
	107	0,29315	30,63	1,2	11,515	6,23
	108	0,29589	30,66	1,2	11,504	6,26
	109	0,29863	30,68	1,2	11,494	6,28
	110	0,30137	30,71	1,2	11,483	6,30
	111	0,30411	30,74	1,2	11,473	6,33
	112	0,30685	30,76	1,2	11,462	6,35
	113	0,30959	30,79	1,2	11,452	6,37
	114	0,31233	30,81	1,2	11,442	6,39
	115	0,31507	30,84	1,2	11,432	6,42
	116	0,31781	30,87	1,2	11,422	6,44
	117	0,32055	30,89	1,2	11,413	6,46
	118	0,32329	30,91	1,2	11,403	6,48
	119	0,32603	30,94	1,2	11,394	6,51
2º período	120	0,32877	30,96	1,2	11,384	6,53
	121	0,33151	30,99	1,2	11,375	6,55
	122	0,33425	31,01	1,2	11,366	6,57
	123	0,33699	31,03	1,2	11,357	6,59
	124	0,33973	31,05	1,2	11,348	6,61
	125	0,34247	31,08	1,2	11,339	6,64
	126	0,34521	31,10	1,2	11,331	6,66
	127	0,34795	31,12	1,2	11,322	6,68
	128	0,35068	31,14	1,2	11,313	6,70
	129	0,35342	31,16	1,2	11,305	6,72
	130	0,35616	31,19	1,2	11,297	6,74
	131	0,35890	31,21	1,2	11,288	6,76
	132	0,36164	31,23	1,2	11,280	6,78
	133	0,36438	31,25	1,2	11,272	6,80

	134	0,36712	31,27	1,2	11,264	6,83
	135	0,36986	31,29	1,2	11,256	6,85
	136	0,37260	31,31	1,2	11,249	6,87
	137	0,37534	31,33	1,2	11,241	6,89
	138	0,37808	31,35	1,2	11,233	6,91
	139	0,38082	31,37	1,2	11,226	6,93
	140	0,38356	31,39	1,2	11,218	6,95
	141	0,38630	31,41	1,2	11,211	6,97
	142	0,38904	31,42	1,2	11,203	6,99
	143	0,39178	31,44	1,2	11,196	7,01
	144	0,39452	31,46	1,2	11,189	7,03
	145	0,39726	31,48	1,2	11,182	7,05
	146	0,40000	31,50	1,2	11,175	7,07
	147	0,40274	31,52	1,2	11,168	7,09
	148	0,40548	31,53	1,2	11,161	7,11
	149	0,40822	31,55	1,2	11,154	7,13
	150	0,41096	31,57	1,2	11,147	7,15
	151	0,41370	31,59	1,2	11,140	7,17
	152	0,41644	31,60	1,2	11,134	7,18
	153	0,41918	31,62	1,2	11,127	7,20
	154	0,42192	31,64	1,2	11,120	7,22
	155	0,42466	31,65	1,2	11,114	7,24
	156	0,42740	31,67	1,2	11,107	7,26
	157	0,43014	31,69	1,2	11,101	7,28
	158	0,43288	31,70	1,2	11,095	7,30
	159	0,43562	31,72	1,2	11,089	7,32
	160	0,43836	31,73	1,2	11,082	7,34
	161	0,44110	31,75	1,2	11,076	7,36
	162	0,44384	31,76	1,2	11,070	7,38
	163	0,44658	31,78	1,2	11,064	7,39
	164	0,44932	31,79	1,2	11,058	7,41
	165	0,45205	31,81	1,2	11,052	7,43
	166	0,45479	31,83	1,2	11,046	7,45
	167	0,45753	31,84	1,2	11,040	7,47
	168	0,46027	31,85	1,2	11,035	7,49
	169	0,46301	31,87	1,2	11,029	7,50
	170	0,46575	31,88	1,2	11,023	7,52
	171	0,46849	31,90	1,2	11,018	7,54
	172	0,47123	31,91	1,2	11,012	7,56
	173	0,47397	31,93	1,2	11,006	7,58
	174	0,47671	31,94	1,2	11,001	7,60
	175	0,47945	31,95	1,2	10,995	7,61
	176	0,48219	31,97	1,2	10,990	7,63
	177	0,48493	31,98	1,2	10,985	7,65
	178	0,48767	32,00	1,2	10,979	7,67

	179	0,49041	32,01	1,2	10,974	7,69
	180	0,49315	32,02	1,2	10,969	7,70
	181	0,49589	32,04	1,2	10,964	7,72
	182	0,49863	32,05	1,2	10,958	7,74
	183	0,50137	32,06	1,2	10,953	7,76
	184	0,50411	32,08	1,2	10,948	7,77
	185	0,50685	32,09	1,2	10,943	7,79
	186	0,50959	32,10	1,2	10,938	7,81
	187	0,51233	32,11	1,2	10,933	7,83
	188	0,51507	32,13	1,2	10,928	7,84
	189	0,51781	32,14	1,2	10,923	7,86
	190	0,52055	32,15	1,2	10,919	7,88
	191	0,52329	32,16	1,2	10,914	7,89
	192	0,52603	32,18	1,2	10,909	7,91
	193	0,52877	32,19	1,2	10,904	7,93
	194	0,53151	32,20	1,2	10,899	7,95
	195	0,53425	32,21	1,2	10,895	7,96
	196	0,53699	32,22	1,2	10,890	7,98
	197	0,53973	32,24	1,2	10,886	8,00
	198	0,54247	32,25	1,2	10,881	8,01
	199	0,54521	32,26	1,2	10,876	8,03
	200	0,54795	32,27	1,2	10,872	8,05
	201	0,55068	32,28	1,2	10,867	8,06
	202	0,55342	32,29	1,2	10,863	8,08
	203	0,55616	32,30	1,2	10,859	8,10
	204	0,55890	32,32	1,2	10,854	8,11
	205	0,56164	32,33	1,2	10,850	8,13
	206	0,56438	32,34	1,2	10,846	8,15
	207	0,56712	32,35	1,2	10,841	8,16
	208	0,56986	32,36	1,2	10,837	8,18
	209	0,57260	32,37	1,2	10,833	8,20
	210	0,57534	32,38	1,2	10,829	8,21
	211	0,57808	32,39	1,2	10,824	8,23
	212	0,58082	32,40	1,2	10,820	8,25
	213	0,58356	32,41	1,2	10,816	8,26
	214	0,58630	32,42	1,2	10,812	8,28
	215	0,58904	32,43	1,2	10,808	8,29
	216	0,59178	32,44	1,2	10,804	8,31
	217	0,59452	32,45	1,2	10,800	8,33
	218	0,59726	32,46	1,2	10,796	8,34
	219	0,60000	32,47	1,2	10,792	8,36
	220	0,60274	32,48	1,2	10,788	8,38
	221	0,60548	32,49	1,2	10,784	8,39
	222	0,60822	32,50	1,2	10,780	8,41
	223	0,61096	32,51	1,2	10,776	8,42

	224	0,61370	32,52	1,2	10,773	8,44
	225	0,61644	32,53	1,2	10,769	8,45
	226	0,61918	32,54	1,2	10,765	8,47
	227	0,62192	32,55	1,2	10,761	8,49
	228	0,62466	32,56	1,2	10,757	8,50
	229	0,62740	32,57	1,2	10,754	8,52
	230	0,63014	32,58	1,2	10,750	8,53
	231	0,63288	32,59	1,2	10,746	8,55
	232	0,63562	32,60	1,2	10,743	8,56
	233	0,63836	32,61	1,2	10,739	8,58
	234	0,64110	32,62	1,2	10,735	8,60
	235	0,64384	32,63	1,2	10,732	8,61
	236	0,64658	32,64	1,2	10,728	8,63
	237	0,64932	32,65	1,2	10,725	8,64
	238	0,65205	32,65	1,2	10,721	8,66
	239	0,65479	32,66	1,2	10,718	8,67
	240	0,65753	32,67	1,2	10,714	8,69
	241	0,66027	32,68	1,2	10,711	8,70
	242	0,66301	32,69	1,2	10,707	8,72
	243	0,66575	32,70	1,2	10,704	8,73
3º período	244	0,66849	32,71	1,2	10,701	8,75
	245	0,67123	32,72	1,2	10,697	8,76
	246	0,67397	32,72	1,2	10,694	8,78
	247	0,67671	32,73	1,2	10,691	8,79
	248	0,67945	32,74	1,2	10,687	8,81
	249	0,68219	32,75	1,2	10,684	8,82
	250	0,68493	32,76	1,2	10,681	8,84
	251	0,68767	32,77	1,2	10,677	8,85
	252	0,69041	32,77	1,2	10,674	8,87
	253	0,69315	32,78	1,2	10,671	8,88
	254	0,69589	32,79	1,2	10,668	8,90
	255	0,69863	32,80	1,2	10,665	8,91
	256	0,70137	32,81	1,2	10,661	8,93
	257	0,70411	32,82	1,2	10,658	8,94
	258	0,70685	32,82	1,2	10,655	8,96
	259	0,70959	32,83	1,2	10,652	8,97
	260	0,71233	32,84	1,2	10,649	8,99
	261	0,71507	32,85	1,2	10,646	9,00
	262	0,71781	32,85	1,2	10,643	9,02
	263	0,72055	32,86	1,2	10,640	9,03
	264	0,72329	32,87	1,2	10,637	9,05
	265	0,72603	32,88	1,2	10,634	9,06
	266	0,72877	32,89	1,2	10,631	9,08
	267	0,73151	32,89	1,2	10,628	9,09
	268	0,73425	32,90	1,2	10,625	9,10

	269	0,73699	32,91	1,2	10,622	9,12
	270	0,73973	32,92	1,2	10,619	9,13
	271	0,74247	32,92	1,2	10,616	9,15
	272	0,74521	32,93	1,2	10,613	9,16
	273	0,74795	32,94	1,2	10,610	9,18
	274	0,75068	32,95	1,2	10,607	9,19
	275	0,75342	32,95	1,2	10,605	9,20
	276	0,75616	32,96	1,2	10,602	9,22
	277	0,75890	32,97	1,2	10,599	9,23
	278	0,76164	32,97	1,2	10,596	9,25
	279	0,76438	32,98	1,2	10,593	9,26
	280	0,76712	32,99	1,2	10,590	9,28
	281	0,76986	33,00	1,2	10,588	9,29
	282	0,77260	33,00	1,2	10,585	9,30
	283	0,77534	33,01	1,2	10,582	9,32
	284	0,77808	33,02	1,2	10,580	9,33
	285	0,78082	33,02	1,2	10,577	9,35
	286	0,78356	33,03	1,2	10,574	9,36
	287	0,78630	33,04	1,2	10,571	9,37
	288	0,78904	33,04	1,2	10,569	9,39
	289	0,79178	33,05	1,2	10,566	9,40
	290	0,79452	33,06	1,2	10,563	9,42
	291	0,79726	33,06	1,2	10,561	9,43
	292	0,80000	33,07	1,2	10,558	9,44
	293	0,80274	33,08	1,2	10,556	9,46
	294	0,80548	33,08	1,2	10,553	9,47
	295	0,80822	33,09	1,2	10,550	9,48
	296	0,81096	33,10	1,2	10,548	9,50
	297	0,81370	33,10	1,2	10,545	9,51
	298	0,81644	33,11	1,2	10,543	9,53
	299	0,81918	33,12	1,2	10,540	9,54
	300	0,82192	33,12	1,2	10,538	9,55
	301	0,82466	33,13	1,2	10,535	9,57
	302	0,82740	33,14	1,2	10,533	9,58
	303	0,83014	33,14	1,2	10,530	9,59
	304	0,83288	33,15	1,2	10,528	9,61
	305	0,83562	33,15	1,2	10,525	9,62
	306	0,83836	33,16	1,2	10,523	9,63
	307	0,84110	33,17	1,2	10,520	9,65
	308	0,84384	33,17	1,2	10,518	9,66
	309	0,84658	33,18	1,2	10,516	9,68
	310	0,84932	33,19	1,2	10,513	9,69
	311	0,85205	33,19	1,2	10,511	9,70
	312	0,85479	33,20	1,2	10,508	9,72
	313	0,85753	33,20	1,2	10,506	9,73

	314	0,86027	33,21	1,2	10,504	9,74
	315	0,86301	33,22	1,2	10,501	9,76
	316	0,86575	33,22	1,2	10,499	9,77
	317	0,86849	33,23	1,2	10,497	9,78
	318	0,87123	33,23	1,2	10,494	9,80
	319	0,87397	33,24	1,2	10,492	9,81
	320	0,87671	33,25	1,2	10,490	9,82
	321	0,87945	33,25	1,2	10,488	9,84
	322	0,88219	33,26	1,2	10,485	9,85
	323	0,88493	33,26	1,2	10,483	9,86
	324	0,88767	33,27	1,2	10,481	9,87
	325	0,89041	33,27	1,2	10,478	9,89
	326	0,89315	33,28	1,2	10,476	9,90
	327	0,89589	33,29	1,2	10,474	9,91
	328	0,89863	33,29	1,2	10,472	9,93
	329	0,90137	33,30	1,2	10,470	9,94
	330	0,90411	33,30	1,2	10,467	9,95
	331	0,90685	33,31	1,2	10,465	9,97
	332	0,90959	33,31	1,2	10,463	9,98
	333	0,91233	33,32	1,2	10,461	9,99
	334	0,91507	33,32	1,2	10,459	10,00
	335	0,91781	33,33	1,2	10,457	10,02
	336	0,92055	33,34	1,2	10,454	10,03
	337	0,92329	33,34	1,2	10,452	10,04
	338	0,92603	33,35	1,2	10,450	10,06
	339	0,92877	33,35	1,2	10,448	10,07
	340	0,93151	33,36	1,2	10,446	10,08
	341	0,93425	33,36	1,2	10,444	10,09
	342	0,93699	33,37	1,2	10,442	10,11
	343	0,93973	33,37	1,2	10,440	10,12
	344	0,94247	33,38	1,2	10,438	10,13
	345	0,94521	33,38	1,2	10,436	10,15
	346	0,94795	33,39	1,2	10,434	10,16
	347	0,95068	33,39	1,2	10,432	10,17
	348	0,95342	33,40	1,2	10,430	10,18
	349	0,95616	33,40	1,2	10,427	10,20
	350	0,95890	33,41	1,2	10,425	10,21
	351	0,96164	33,41	1,2	10,423	10,22
	352	0,96438	33,42	1,2	10,421	10,23
	353	0,96712	33,42	1,2	10,419	10,25
	354	0,96986	33,43	1,2	10,418	10,26
	355	0,97260	33,43	1,2	10,416	10,27
	356	0,97534	33,44	1,2	10,414	10,28
	357	0,97808	33,44	1,2	10,412	10,30
	358	0,98082	33,45	1,2	10,410	10,31

	359	0,98356	33,45	1,2	10,408	10,32
	360	0,98630	33,46	1,2	10,406	10,33
	361	0,98904	33,46	1,2	10,404	10,35
4º período	362	0,99178	33,47	1,2	10,402	10,36
	363	0,99452	33,47	1,2	10,400	10,37
	364	0,99726	33,48	1,2	10,398	10,38
	365	1,00000	33,48	1,2	10,396	10,40
	366	1,00274	33,49	1,2	10,394	10,41
	367	1,00548	33,49	1,2	10,392	10,42
	368	1,00822	33,50	1,2	10,391	10,43
	369	1,01096	33,50	1,2	10,389	10,45
	370	1,01370	33,51	1,2	10,387	10,46
	371	1,01644	33,51	1,2	10,385	10,47
	372	1,01918	33,52	1,2	10,383	10,48
	373	1,02192	33,52	1,2	10,381	10,49
	374	1,02466	33,53	1,2	10,380	10,51
	375	1,02740	33,53	1,2	10,378	10,52
	376	1,03014	33,54	1,2	10,376	10,53
	377	1,03288	33,54	1,2	10,374	10,54
	378	1,03562	33,55	1,2	10,372	10,56
	379	1,03836	33,55	1,2	10,370	10,57
	380	1,04110	33,55	1,2	10,369	10,58
	381	1,04384	33,56	1,2	10,367	10,59
	382	1,04658	33,56	1,2	10,365	10,60
	383	1,04932	33,57	1,2	10,363	10,62
	384	1,05205	33,57	1,2	10,362	10,63
	385	1,05479	33,58	1,2	10,360	10,64
	386	1,05753	33,58	1,2	10,358	10,65
	387	1,06027	33,59	1,2	10,356	10,66
	388	1,06301	33,59	1,2	10,355	10,68
	389	1,06575	33,59	1,2	10,353	10,69
	390	1,06849	33,60	1,2	10,351	10,70
	391	1,07123	33,60	1,2	10,349	10,71
	392	1,07397	33,61	1,2	10,348	10,72
	393	1,07671	33,61	1,2	10,346	10,74
	394	1,07945	33,62	1,2	10,344	10,75
	395	1,08219	33,62	1,2	10,343	10,76
	396	1,08493	33,63	1,2	10,341	10,77
	397	1,08767	33,63	1,2	10,339	10,78
	398	1,09041	33,63	1,2	10,338	10,79
	399	1,09315	33,64	1,2	10,336	10,81
	400	1,09589	33,64	1,2	10,334	10,82
	401	1,09863	33,65	1,2	10,333	10,83
	402	1,10137	33,65	1,2	10,331	10,84
	403	1,10411	33,65	1,2	10,329	10,85

	404	1,10685	33,66	1,2	10,328	10,87
	405	1,10959	33,66	1,2	10,326	10,88
	406	1,11233	33,67	1,2	10,324	10,89
	407	1,11507	33,67	1,2	10,323	10,90
	408	1,11781	33,68	1,2	10,321	10,91
	409	1,12055	33,68	1,2	10,320	10,92
	410	1,12329	33,68	1,2	10,318	10,94
	411	1,12603	33,69	1,2	10,316	10,95
	412	1,12877	33,69	1,2	10,315	10,96
	413	1,13151	33,70	1,2	10,313	10,97
	414	1,13425	33,70	1,2	10,312	10,98
	415	1,13699	33,70	1,2	10,310	10,99
	416	1,13973	33,71	1,2	10,309	11,01
	417	1,14247	33,71	1,2	10,307	11,02
	418	1,14521	33,72	1,2	10,305	11,03
	419	1,14795	33,72	1,2	10,304	11,04
	420	1,15068	33,72	1,2	10,302	11,05
	421	1,15342	33,73	1,2	10,301	11,06
	422	1,15616	33,73	1,2	10,299	11,07
	423	1,15890	33,74	1,2	10,298	11,09
	424	1,16164	33,74	1,2	10,296	11,10
	425	1,16438	33,74	1,2	10,295	11,11
	426	1,16712	33,75	1,2	10,293	11,12
	427	1,16986	33,75	1,2	10,292	11,13
	428	1,17260	33,75	1,2	10,290	11,14
	429	1,17534	33,76	1,2	10,289	11,15
	430	1,17808	33,76	1,2	10,287	11,17
	431	1,18082	33,77	1,2	10,286	11,18
	432	1,18356	33,77	1,2	10,284	11,19
	433	1,18630	33,77	1,2	10,283	11,20
	434	1,18904	33,78	1,2	10,281	11,21
	435	1,19178	33,78	1,2	10,280	11,22
	436	1,19452	33,79	1,2	10,278	11,23
	437	1,19726	33,79	1,2	10,277	11,24
	438	1,20000	33,79	1,2	10,275	11,26
	439	1,20274	33,80	1,2	10,274	11,27
	440	1,20548	33,80	1,2	10,272	11,28
	441	1,20822	33,80	1,2	10,271	11,29
	442	1,21096	33,81	1,2	10,270	11,30
	443	1,21370	33,81	1,2	10,268	11,31
	444	1,21644	33,81	1,2	10,267	11,32
	445	1,21918	33,82	1,2	10,265	11,33
	446	1,22192	33,82	1,2	10,264	11,35
	447	1,22466	33,83	1,2	10,263	11,36
	448	1,22740	33,83	1,2	10,261	11,37

	449	1,23014	33,83	1,2	10,260	11,38
	450	1,23288	33,84	1,2	10,258	11,39
	451	1,23562	33,84	1,2	10,257	11,40
	452	1,23836	33,84	1,2	10,256	11,41
	453	1,24110	33,85	1,2	10,254	11,42
	454	1,24384	33,85	1,2	10,253	11,43
	455	1,24658	33,85	1,2	10,251	11,45
	456	1,24932	33,86	1,2	10,250	11,46
	457	1,25205	33,86	1,2	10,249	11,47
	458	1,25479	33,86	1,2	10,247	11,48
	459	1,25753	33,87	1,2	10,246	11,49
	460	1,26027	33,87	1,2	10,245	11,50
	461	1,26301	33,87	1,2	10,243	11,51
	462	1,26575	33,88	1,2	10,242	11,52
	463	1,26849	33,88	1,2	10,241	11,53
	464	1,27123	33,89	1,2	10,239	11,54
	465	1,27397	33,89	1,2	10,238	11,56
	466	1,27671	33,89	1,2	10,237	11,57
	467	1,27945	33,90	1,2	10,235	11,58
	468	1,28219	33,90	1,2	10,234	11,59
	469	1,28493	33,90	1,2	10,233	11,60
	470	1,28767	33,91	1,2	10,231	11,61
	471	1,29041	33,91	1,2	10,230	11,62
	472	1,29315	33,91	1,2	10,229	11,63
	473	1,29589	33,92	1,2	10,227	11,64
	474	1,29863	33,92	1,2	10,226	11,65
	475	1,30137	33,92	1,2	10,225	11,66
	476	1,30411	33,93	1,2	10,223	11,67
	477	1,30685	33,93	1,2	10,222	11,69
	478	1,30959	33,93	1,2	10,221	11,70
	479	1,31233	33,94	1,2	10,220	11,71
	480	1,31507	33,94	1,2	10,218	11,72
	481	1,31781	33,94	1,2	10,217	11,73
	482	1,32055	33,94	1,2	10,216	11,74
	483	1,32329	33,95	1,2	10,215	11,75
	484	1,32603	33,95	1,2	10,213	11,76
	485	1,32877	33,95	1,2	10,212	11,77
	486	1,33151	33,96	1,2	10,211	11,78
	487	1,33425	33,96	1,2	10,210	11,79

Modelo de Helene (1997) para concentração de CO2 = 0,9%						
Período	**Dia**	**t (anos)**	**fck (MPa)**	**Cs (%)**	**k**	**e_c (mm)**
1º período	1	0,00274	4,98	0,9	18,675	0,98
	2	0,00548	8,98	0,9	17,319	1,28
	3	0,00822	11,65	0,9	16,411	1,49
	4	0,01096	13,61	0,9	15,746	1,65
	5	0,01370	15,14	0,9	15,229	1,78
	6	0,01644	16,37	0,9	14,810	1,90
	7	0,01918	17,40	0,9	14,462	2,00
	8	0,02192	18,27	0,9	14,165	2,10
	9	0,02466	19,03	0,9	13,907	2,18
	10	0,02740	19,70	0,9	13,681	2,26
	11	0,03014	20,29	0,9	13,481	2,34
	12	0,03288	20,82	0,9	13,301	2,41
	13	0,03562	21,30	0,9	13,138	2,48
	14	0,03836	21,73	0,9	12,990	2,54
	15	0,04110	22,13	0,9	12,854	2,61
	16	0,04384	22,50	0,9	12,729	2,67
	17	0,04658	22,84	0,9	12,614	2,72
	18	0,04932	23,16	0,9	12,507	2,78
	19	0,05205	23,45	0,9	12,407	2,83
	20	0,05479	23,73	0,9	12,313	2,88
	21	0,05753	23,99	0,9	12,226	2,93
	22	0,06027	24,23	0,9	12,143	2,98
	23	0,06301	24,46	0,9	12,065	3,03
	24	0,06575	24,68	0,9	11,992	3,07
	25	0,06849	24,88	0,9	11,922	3,12
	26	0,07123	25,08	0,9	11,856	3,16
	27	0,07397	25,26	0,9	11,793	3,21
	28	0,07671	25,44	0,9	11,733	3,25
	29	0,07945	25,61	0,9	11,676	3,29
	30	0,08219	25,77	0,9	11,621	3,33
	31	0,08493	25,92	0,9	11,569	3,37
	32	0,08767	26,07	0,9	11,518	3,41
	33	0,09041	26,21	0,9	11,470	3,45
	34	0,09315	26,35	0,9	11,424	3,49
	35	0,09589	26,48	0,9	11,379	3,52
	36	0,09863	26,61	0,9	11,337	3,56
	37	0,10137	26,73	0,9	11,295	3,60
	38	0,10411	26,85	0,9	11,256	3,63
	39	0,10685	26,96	0,9	11,217	3,67
	40	0,10959	27,07	0,9	11,180	3,70
	41	0,11233	27,17	0,9	11,144	3,74
	42	0,11507	27,28	0,9	11,109	3,77
	43	0,11781	27,38	0,9	11,076	3,80
	44	0,12055	27,47	0,9	11,043	3,83

	45	0,12329	27,57	0,9	11,012	3,87
	46	0,12603	27,66	0,9	10,981	3,90
	47	0,12877	27,74	0,9	10,951	3,93
	48	0,13151	27,83	0,9	10,922	3,96
	49	0,13425	27,91	0,9	10,894	3,99
	50	0,13699	27,99	0,9	10,867	4,02
	51	0,13973	28,07	0,9	10,840	4,05
	52	0,14247	28,15	0,9	10,814	4,08
	53	0,14521	28,22	0,9	10,789	4,11
	54	0,14795	28,30	0,9	10,764	4,14
	55	0,15068	28,37	0,9	10,740	4,17
	56	0,15342	28,44	0,9	10,717	4,20
	57	0,15616	28,50	0,9	10,694	4,23
	58	0,15890	28,57	0,9	10,671	4,25
	59	0,16164	28,63	0,9	10,650	4,28
	60	0,16438	28,70	0,9	10,628	4,31
	61	0,16712	28,76	0,9	10,607	4,34
	62	0,16986	28,82	0,9	10,587	4,36
	63	0,17260	28,88	0,9	10,567	4,39
	64	0,17534	28,93	0,9	10,548	4,42
	65	0,17808	28,99	0,9	10,529	4,44
	66	0,18082	29,04	0,9	10,510	4,47
	67	0,18356	29,10	0,9	10,492	4,50
	68	0,18630	29,15	0,9	10,474	4,52
	69	0,18904	29,20	0,9	10,456	4,55
	70	0,19178	29,25	0,9	10,439	4,57
	71	0,19452	29,30	0,9	10,422	4,60
	72	0,19726	29,35	0,9	10,406	4,62
	73	0,20000	29,40	0,9	10,389	4,65
	74	0,20274	29,45	0,9	10,373	4,67
	75	0,20548	29,49	0,9	10,358	4,70
	76	0,20822	29,54	0,9	10,342	4,72
	77	0,21096	29,58	0,9	10,327	4,74
	78	0,21370	29,63	0,9	10,313	4,77
	79	0,21644	29,67	0,9	10,298	4,79
	80	0,21918	29,71	0,9	10,284	4,81
	81	0,22192	29,75	0,9	10,270	4,84
	82	0,22466	29,79	0,9	10,256	4,86
	83	0,22740	29,83	0,9	10,242	4,88
	84	0,23014	29,87	0,9	10,229	4,91
	85	0,23288	29,91	0,9	10,216	4,93
	86	0,23562	29,95	0,9	10,203	4,95
	87	0,23836	29,99	0,9	10,190	4,98
	88	0,24110	30,02	0,9	10,178	5,00
	89	0,24384	30,06	0,9	10,165	5,02
	90	0,24658	30,10	0,9	10,153	5,04

	91	0,24932	30,13	0,9	10,141	5,06
	92	0,25205	30,17	0,9	10,130	5,09
	93	0,25479	30,20	0,9	10,118	5,11
	94	0,25753	30,23	0,9	10,107	5,13
	95	0,26027	30,27	0,9	10,095	5,15
	96	0,26301	30,30	0,9	10,084	5,17
	97	0,26575	30,33	0,9	10,073	5,19
	98	0,26849	30,36	0,9	10,063	5,21
	99	0,27123	30,39	0,9	10,052	5,24
	100	0,27397	30,42	0,9	10,042	5,26
	101	0,27671	30,45	0,9	10,031	5,28
	102	0,27945	30,48	0,9	10,021	5,30
	103	0,28219	30,51	0,9	10,011	5,32
	104	0,28493	30,54	0,9	10,001	5,34
	105	0,28767	30,57	0,9	9,991	5,36
	106	0,29041	30,60	0,9	9,982	5,38
	107	0,29315	30,63	0,9	9,972	5,40
	108	0,29589	30,66	0,9	9,963	5,42
	109	0,29863	30,68	0,9	9,954	5,44
	110	0,30137	30,71	0,9	9,945	5,46
	111	0,30411	30,74	0,9	9,936	5,48
	112	0,30685	30,76	0,9	9,927	5,50
	113	0,30959	30,79	0,9	9,918	5,52
	114	0,31233	30,81	0,9	9,909	5,54
	115	0,31507	30,84	0,9	9,901	5,56
	116	0,31781	30,87	0,9	9,892	5,58
	117	0,32055	30,89	0,9	9,884	5,60
	118	0,32329	30,91	0,9	9,875	5,61
	119	0,32603	30,94	0,9	9,867	5,63
2º período	120	0,32877	30,96	0,9	9,859	5,65
	121	0,33151	30,99	0,9	9,851	5,67
	122	0,33425	31,01	0,9	9,843	5,69
	123	0,33699	31,03	0,9	9,835	5,71
	124	0,33973	31,05	0,9	9,828	5,73
	125	0,34247	31,08	0,9	9,820	5,75
	126	0,34521	31,10	0,9	9,813	5,77
	127	0,34795	31,12	0,9	9,805	5,78
	128	0,35068	31,14	0,9	9,798	5,80
	129	0,35342	31,16	0,9	9,790	5,82
	130	0,35616	31,19	0,9	9,783	5,84
	131	0,35890	31,21	0,9	9,776	5,86
	132	0,36164	31,23	0,9	9,769	5,87
	133	0,36438	31,25	0,9	9,762	5,89
	134	0,36712	31,27	0,9	9,755	5,91
	135	0,36986	31,29	0,9	9,748	5,93
	136	0,37260	31,31	0,9	9,742	5,95

	137	0,37534	31,33	0,9	9,735	5,96
	138	0,37808	31,35	0,9	9,728	5,98
	139	0,38082	31,37	0,9	9,722	6,00
	140	0,38356	31,39	0,9	9,715	6,02
	141	0,38630	31,41	0,9	9,709	6,03
	142	0,38904	31,42	0,9	9,702	6,05
	143	0,39178	31,44	0,9	9,696	6,07
	144	0,39452	31,46	0,9	9,690	6,09
	145	0,39726	31,48	0,9	9,684	6,10
	146	0,40000	31,50	0,9	9,677	6,12
	147	0,40274	31,52	0,9	9,671	6,14
	148	0,40548	31,53	0,9	9,665	6,15
	149	0,40822	31,55	0,9	9,659	6,17
	150	0,41096	31,57	0,9	9,654	6,19
	151	0,41370	31,59	0,9	9,648	6,21
	152	0,41644	31,60	0,9	9,642	6,22
	153	0,41918	31,62	0,9	9,636	6,24
	154	0,42192	31,64	0,9	9,631	6,26
	155	0,42466	31,65	0,9	9,625	6,27
	156	0,42740	31,67	0,9	9,619	6,29
	157	0,43014	31,69	0,9	9,614	6,31
	158	0,43288	31,70	0,9	9,608	6,32
	159	0,43562	31,72	0,9	9,603	6,34
	160	0,43836	31,73	0,9	9,598	6,35
	161	0,44110	31,75	0,9	9,592	6,37
	162	0,44384	31,76	0,9	9,587	6,39
	163	0,44658	31,78	0,9	9,582	6,40
	164	0,44932	31,79	0,9	9,577	6,42
	165	0,45205	31,81	0,9	9,571	6,44
	166	0,45479	31,83	0,9	9,566	6,45
	167	0,45753	31,84	0,9	9,561	6,47
	168	0,46027	31,85	0,9	9,556	6,48
	169	0,46301	31,87	0,9	9,551	6,50
	170	0,46575	31,88	0,9	9,546	6,52
	171	0,46849	31,90	0,9	9,541	6,53
	172	0,47123	31,91	0,9	9,537	6,55
	173	0,47397	31,93	0,9	9,532	6,56
	174	0,47671	31,94	0,9	9,527	6,58
	175	0,47945	31,95	0,9	9,522	6,59
	176	0,48219	31,97	0,9	9,518	6,61
	177	0,48493	31,98	0,9	9,513	6,62
	178	0,48767	32,00	0,9	9,508	6,64
	179	0,49041	32,01	0,9	9,504	6,66
	180	0,49315	32,02	0,9	9,499	6,67
	181	0,49589	32,04	0,9	9,495	6,69
	182	0,49863	32,05	0,9	9,490	6,70

	183	0,50137	32,06	0,9	9,486	6,72
	184	0,50411	32,08	0,9	9,481	6,73
	185	0,50685	32,09	0,9	9,477	6,75
	186	0,50959	32,10	0,9	9,473	6,76
	187	0,51233	32,11	0,9	9,468	6,78
	188	0,51507	32,13	0,9	9,464	6,79
	189	0,51781	32,14	0,9	9,460	6,81
	190	0,52055	32,15	0,9	9,456	6,82
	191	0,52329	32,16	0,9	9,452	6,84
	192	0,52603	32,18	0,9	9,447	6,85
	193	0,52877	32,19	0,9	9,443	6,87
	194	0,53151	32,20	0,9	9,439	6,88
	195	0,53425	32,21	0,9	9,435	6,90
	196	0,53699	32,22	0,9	9,431	6,91
	197	0,53973	32,24	0,9	9,427	6,93
	198	0,54247	32,25	0,9	9,423	6,94
	199	0,54521	32,26	0,9	9,419	6,96
	200	0,54795	32,27	0,9	9,415	6,97
	201	0,55068	32,28	0,9	9,411	6,98
	202	0,55342	32,29	0,9	9,408	7,00
	203	0,55616	32,30	0,9	9,404	7,01
	204	0,55890	32,32	0,9	9,400	7,03
	205	0,56164	32,33	0,9	9,396	7,04
	206	0,56438	32,34	0,9	9,393	7,06
	207	0,56712	32,35	0,9	9,389	7,07
	208	0,56986	32,36	0,9	9,385	7,08
	209	0,57260	32,37	0,9	9,381	7,10
	210	0,57534	32,38	0,9	9,378	7,11
	211	0,57808	32,39	0,9	9,374	7,13
	212	0,58082	32,40	0,9	9,371	7,14
	213	0,58356	32,41	0,9	9,367	7,16
	214	0,58630	32,42	0,9	9,363	7,17
	215	0,58904	32,43	0,9	9,360	7,18
	216	0,59178	32,44	0,9	9,356	7,20
	217	0,59452	32,45	0,9	9,353	7,21
	218	0,59726	32,46	0,9	9,350	7,23
	219	0,60000	32,47	0,9	9,346	7,24
	220	0,60274	32,48	0,9	9,343	7,25
	221	0,60548	32,49	0,9	9,339	7,27
	222	0,60822	32,50	0,9	9,336	7,28
	223	0,61096	32,51	0,9	9,333	7,29
	224	0,61370	32,52	0,9	9,329	7,31
	225	0,61644	32,53	0,9	9,326	7,32
	226	0,61918	32,54	0,9	9,323	7,34
	227	0,62192	32,55	0,9	9,319	7,35
	228	0,62466	32,56	0,9	9,316	7,36

	229	0,62740	32,57	0,9	9,313	7,38
	230	0,63014	32,58	0,9	9,310	7,39
	231	0,63288	32,59	0,9	9,307	7,40
	232	0,63562	32,60	0,9	9,303	7,42
	233	0,63836	32,61	0,9	9,300	7,43
	234	0,64110	32,62	0,9	9,297	7,44
	235	0,64384	32,63	0,9	9,294	7,46
	236	0,64658	32,64	0,9	9,291	7,47
	237	0,64932	32,65	0,9	9,288	7,48
	238	0,65205	32,65	0,9	9,285	7,50
	239	0,65479	32,66	0,9	9,282	7,51
	240	0,65753	32,67	0,9	9,279	7,52
	241	0,66027	32,68	0,9	9,276	7,54
	242	0,66301	32,69	0,9	9,273	7,55
	243	0,66575	32,70	0,9	9,270	7,56
3º período	244	0,66849	32,71	0,9	9,267	7,58
	245	0,67123	32,72	0,9	9,264	7,59
	246	0,67397	32,72	0,9	9,261	7,60
	247	0,67671	32,73	0,9	9,258	7,62
	248	0,67945	32,74	0,9	9,255	7,63
	249	0,68219	32,75	0,9	9,253	7,64
	250	0,68493	32,76	0,9	9,250	7,66
	251	0,68767	32,77	0,9	9,247	7,67
	252	0,69041	32,77	0,9	9,244	7,68
	253	0,69315	32,78	0,9	9,241	7,69
	254	0,69589	32,79	0,9	9,239	7,71
	255	0,69863	32,80	0,9	9,236	7,72
	256	0,70137	32,81	0,9	9,233	7,73
	257	0,70411	32,82	0,9	9,230	7,75
	258	0,70685	32,82	0,9	9,228	7,76
	259	0,70959	32,83	0,9	9,225	7,77
	260	0,71233	32,84	0,9	9,222	7,78
	261	0,71507	32,85	0,9	9,220	7,80
	262	0,71781	32,85	0,9	9,217	7,81
	263	0,72055	32,86	0,9	9,214	7,82
	264	0,72329	32,87	0,9	9,212	7,83
	265	0,72603	32,88	0,9	9,209	7,85
	266	0,72877	32,89	0,9	9,207	7,86
	267	0,73151	32,89	0,9	9,204	7,87
	268	0,73425	32,90	0,9	9,201	7,88
	269	0,73699	32,91	0,9	9,199	7,90
	270	0,73973	32,92	0,9	9,196	7,91
	271	0,74247	32,92	0,9	9,194	7,92
	272	0,74521	32,93	0,9	9,191	7,93
	273	0,74795	32,94	0,9	9,189	7,95
	274	0,75068	32,95	0,9	9,186	7,96

	275	0,75342	32,95	0,9	9,184	7,97
	276	0,75616	32,96	0,9	9,181	7,98
	277	0,75890	32,97	0,9	9,179	8,00
	278	0,76164	32,97	0,9	9,176	8,01
	279	0,76438	32,98	0,9	9,174	8,02
	280	0,76712	32,99	0,9	9,172	8,03
	281	0,76986	33,00	0,9	9,169	8,05
	282	0,77260	33,00	0,9	9,167	8,06
	283	0,77534	33,01	0,9	9,164	8,07
	284	0,77808	33,02	0,9	9,162	8,08
	285	0,78082	33,02	0,9	9,160	8,09
	286	0,78356	33,03	0,9	9,157	8,11
	287	0,78630	33,04	0,9	9,155	8,12
	288	0,78904	33,04	0,9	9,153	8,13
	289	0,79178	33,05	0,9	9,151	8,14
	290	0,79452	33,06	0,9	9,148	8,15
	291	0,79726	33,06	0,9	9,146	8,17
	292	0,80000	33,07	0,9	9,144	8,18
	293	0,80274	33,08	0,9	9,141	8,19
	294	0,80548	33,08	0,9	9,139	8,20
	295	0,80822	33,09	0,9	9,137	8,21
	296	0,81096	33,10	0,9	9,135	8,23
	297	0,81370	33,10	0,9	9,133	8,24
	298	0,81644	33,11	0,9	9,130	8,25
	299	0,81918	33,12	0,9	9,128	8,26
	300	0,82192	33,12	0,9	9,126	8,27
	301	0,82466	33,13	0,9	9,124	8,29
	302	0,82740	33,14	0,9	9,122	8,30
	303	0,83014	33,14	0,9	9,119	8,31
	304	0,83288	33,15	0,9	9,117	8,32
	305	0,83562	33,15	0,9	9,115	8,33
	306	0,83836	33,16	0,9	9,113	8,34
	307	0,84110	33,17	0,9	9,111	8,36
	308	0,84384	33,17	0,9	9,109	8,37
	309	0,84658	33,18	0,9	9,107	8,38
	310	0,84932	33,19	0,9	9,105	8,39
	311	0,85205	33,19	0,9	9,103	8,40
	312	0,85479	33,20	0,9	9,101	8,41
	313	0,85753	33,20	0,9	9,099	8,43
	314	0,86027	33,21	0,9	9,096	8,44
	315	0,86301	33,22	0,9	9,094	8,45
	316	0,86575	33,22	0,9	9,092	8,46
	317	0,86849	33,23	0,9	9,090	8,47
	318	0,87123	33,23	0,9	9,088	8,48
	319	0,87397	33,24	0,9	9,086	8,49
	320	0,87671	33,25	0,9	9,084	8,51

	321	0,87945	33,25	0,9	9,082	8,52
	322	0,88219	33,26	0,9	9,080	8,53
	323	0,88493	33,26	0,9	9,079	8,54
	324	0,88767	33,27	0,9	9,077	8,55
	325	0,89041	33,27	0,9	9,075	8,56
	326	0,89315	33,28	0,9	9,073	8,57
	327	0,89589	33,29	0,9	9,071	8,59
	328	0,89863	33,29	0,9	9,069	8,60
	329	0,90137	33,30	0,9	9,067	8,61
	330	0,90411	33,30	0,9	9,065	8,62
	331	0,90685	33,31	0,9	9,063	8,63
	332	0,90959	33,31	0,9	9,061	8,64
	333	0,91233	33,32	0,9	9,059	8,65
	334	0,91507	33,32	0,9	9,058	8,66
	335	0,91781	33,33	0,9	9,056	8,68
	336	0,92055	33,34	0,9	9,054	8,69
	337	0,92329	33,34	0,9	9,052	8,70
	338	0,92603	33,35	0,9	9,050	8,71
	339	0,92877	33,35	0,9	9,048	8,72
	340	0,93151	33,36	0,9	9,047	8,73
	341	0,93425	33,36	0,9	9,045	8,74
	342	0,93699	33,37	0,9	9,043	8,75
	343	0,93973	33,37	0,9	9,041	8,76
	344	0,94247	33,38	0,9	9,039	8,78
	345	0,94521	33,38	0,9	9,038	8,79
	346	0,94795	33,39	0,9	9,036	8,80
	347	0,95068	33,39	0,9	9,034	8,81
	348	0,95342	33,40	0,9	9,032	8,82
	349	0,95616	33,40	0,9	9,030	8,83
	350	0,95890	33,41	0,9	9,029	8,84
	351	0,96164	33,41	0,9	9,027	8,85
	352	0,96438	33,42	0,9	9,025	8,86
	353	0,96712	33,42	0,9	9,024	8,87
	354	0,96986	33,43	0,9	9,022	8,88
	355	0,97260	33,43	0,9	9,020	8,90
	356	0,97534	33,44	0,9	9,018	8,91
	357	0,97808	33,44	0,9	9,017	8,92
	358	0,98082	33,45	0,9	9,015	8,93
	359	0,98356	33,45	0,9	9,013	8,94
	360	0,98630	33,46	0,9	9,012	8,95
	361	0,98904	33,46	0,9	9,010	8,96
4º período	362	0,99178	33,47	0,9	9,008	8,97
	363	0,99452	33,47	0,9	9,007	8,98
	364	0,99726	33,48	0,9	9,005	8,99
	365	1,00000	33,48	0,9	9,003	9,00
	366	1,00274	33,49	0,9	9,002	9,01

	367	1,00548	33,49	0,9	9,000	9,02
	368	1,00822	33,50	0,9	8,999	9,04
	369	1,01096	33,50	0,9	8,997	9,05
	370	1,01370	33,51	0,9	8,995	9,06
	371	1,01644	33,51	0,9	8,994	9,07
	372	1,01918	33,52	0,9	8,992	9,08
	373	1,02192	33,52	0,9	8,991	9,09
	374	1,02466	33,53	0,9	8,989	9,10
	375	1,02740	33,53	0,9	8,987	9,11
	376	1,03014	33,54	0,9	8,986	9,12
	377	1,03288	33,54	0,9	8,984	9,13
	378	1,03562	33,55	0,9	8,983	9,14
	379	1,03836	33,55	0,9	8,981	9,15
	380	1,04110	33,55	0,9	8,980	9,16
	381	1,04384	33,56	0,9	8,978	9,17
	382	1,04658	33,56	0,9	8,976	9,18
	383	1,04932	33,57	0,9	8,975	9,19
	384	1,05205	33,57	0,9	8,973	9,20
	385	1,05479	33,58	0,9	8,972	9,21
	386	1,05753	33,58	0,9	8,970	9,22
	387	1,06027	33,59	0,9	8,969	9,24
	388	1,06301	33,59	0,9	8,967	9,25
	389	1,06575	33,59	0,9	8,966	9,26
	390	1,06849	33,60	0,9	8,964	9,27
	391	1,07123	33,60	0,9	8,963	9,28
	392	1,07397	33,61	0,9	8,961	9,29
	393	1,07671	33,61	0,9	8,960	9,30
	394	1,07945	33,62	0,9	8,958	9,31
	395	1,08219	33,62	0,9	8,957	9,32
	396	1,08493	33,63	0,9	8,956	9,33
	397	1,08767	33,63	0,9	8,954	9,34
	398	1,09041	33,63	0,9	8,953	9,35
	399	1,09315	33,64	0,9	8,951	9,36
	400	1,09589	33,64	0,9	8,950	9,37
	401	1,09863	33,65	0,9	8,948	9,38
	402	1,10137	33,65	0,9	8,947	9,39
	403	1,10411	33,65	0,9	8,945	9,40
	404	1,10685	33,66	0,9	8,944	9,41
	405	1,10959	33,66	0,9	8,943	9,42
	406	1,11233	33,67	0,9	8,941	9,43
	407	1,11507	33,67	0,9	8,940	9,44
	408	1,11781	33,68	0,9	8,938	9,45
	409	1,12055	33,68	0,9	8,937	9,46
	410	1,12329	33,68	0,9	8,936	9,47
	411	1,12603	33,69	0,9	8,934	9,48
	412	1,12877	33,69	0,9	8,933	9,49

	413	1,13151	33,70	0,9	8,932	9,50
	414	1,13425	33,70	0,9	8,930	9,51
	415	1,13699	33,70	0,9	8,929	9,52
	416	1,13973	33,71	0,9	8,927	9,53
	417	1,14247	33,71	0,9	8,926	9,54
	418	1,14521	33,72	0,9	8,925	9,55
	419	1,14795	33,72	0,9	8,923	9,56
	420	1,15068	33,72	0,9	8,922	9,57
	421	1,15342	33,73	0,9	8,921	9,58
	422	1,15616	33,73	0,9	8,919	9,59
	423	1,15890	33,74	0,9	8,918	9,60
	424	1,16164	33,74	0,9	8,917	9,61
	425	1,16438	33,74	0,9	8,915	9,62
	426	1,16712	33,75	0,9	8,914	9,63
	427	1,16986	33,75	0,9	8,913	9,64
	428	1,17260	33,75	0,9	8,912	9,65
	429	1,17534	33,76	0,9	8,910	9,66
	430	1,17808	33,76	0,9	8,909	9,67
	431	1,18082	33,77	0,9	8,908	9,68
	432	1,18356	33,77	0,9	8,906	9,69
	433	1,18630	33,77	0,9	8,905	9,70
	434	1,18904	33,78	0,9	8,904	9,71
	435	1,19178	33,78	0,9	8,903	9,72
	436	1,19452	33,79	0,9	8,901	9,73
	437	1,19726	33,79	0,9	8,900	9,74
	438	1,20000	33,79	0,9	8,899	9,75
	439	1,20274	33,80	0,9	8,897	9,76
	440	1,20548	33,80	0,9	8,896	9,77
	441	1,20822	33,80	0,9	8,895	9,78
	442	1,21096	33,81	0,9	8,894	9,79
	443	1,21370	33,81	0,9	8,893	9,80
	444	1,21644	33,81	0,9	8,891	9,81
	445	1,21918	33,82	0,9	8,890	9,82
	446	1,22192	33,82	0,9	8,889	9,83
	447	1,22466	33,83	0,9	8,888	9,84
	448	1,22740	33,83	0,9	8,886	9,85
	449	1,23014	33,83	0,9	8,885	9,85
	450	1,23288	33,84	0,9	8,884	9,86
	451	1,23562	33,84	0,9	8,883	9,87
	452	1,23836	33,84	0,9	8,882	9,88
	453	1,24110	33,85	0,9	8,880	9,89
	454	1,24384	33,85	0,9	8,879	9,90
	455	1,24658	33,85	0,9	8,878	9,91
	456	1,24932	33,86	0,9	8,877	9,92
	457	1,25205	33,86	0,9	8,876	9,93
	458	1,25479	33,86	0,9	8,874	9,94

	459	1,25753	33,87	0,9	8,873	9,95
	460	1,26027	33,87	0,9	8,872	9,96
	461	1,26301	33,87	0,9	8,871	9,97
	462	1,26575	33,88	0,9	8,870	9,98
	463	1,26849	33,88	0,9	8,869	9,99
	464	1,27123	33,89	0,9	8,867	10,00
	465	1,27397	33,89	0,9	8,866	10,01
	466	1,27671	33,89	0,9	8,865	10,02
	467	1,27945	33,90	0,9	8,864	10,03
	468	1,28219	33,90	0,9	8,863	10,04
	469	1,28493	33,90	0,9	8,862	10,05
	470	1,28767	33,91	0,9	8,861	10,05
	471	1,29041	33,91	0,9	8,859	10,06
	472	1,29315	33,91	0,9	8,858	10,07
	473	1,29589	33,92	0,9	8,857	10,08
	474	1,29863	33,92	0,9	8,856	10,09
	475	1,30137	33,92	0,9	8,855	10,10
	476	1,30411	33,93	0,9	8,854	10,11
	477	1,30685	33,93	0,9	8,853	10,12
	478	1,30959	33,93	0,9	8,852	10,13
	479	1,31233	33,94	0,9	8,850	10,14
	480	1,31507	33,94	0,9	8,849	10,15
	481	1,31781	33,94	0,9	8,848	10,16
	482	1,32055	33,94	0,9	8,847	10,17
	483	1,32329	33,95	0,9	8,846	10,18
	484	1,32603	33,95	0,9	8,845	10,19
	485	1,32877	33,95	0,9	8,844	10,19
	486	1,33151	33,96	0,9	8,843	10,20
	487	1,33425	33,96	0,9	8,842	10,21