



**SIMULAÇÃO NUMÉRICA DA DISTRIBUIÇÃO DE
TEMPERATURA DE CAFÉ ARMAZENADO EM AMBIENTE
RESFRIADO E NATURAL**

RENAN PEREIRA REZENDE

LAVRAS – MG

2020

RENAN PEREIRA REZENDE

**SIMULAÇÃO NUMÉRICA DA DISTRIBUIÇÃO DE TEMPERATURA DE
CAFÉ ARMAZENADO EM AMBIENTE RESFRIADO E NATURAL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, área de concentração em Processamento de Produtos Agrícolas, para a obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Ednilton Tavares de Andrade
Orientador

Prof. Dr. Flávio Meira Borém
Coorientador

LAVRAS – MG

2020

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Rezende, Renan Pereira.

Simulação numérica da distribuição de temperatura de café
armazenado em ambiente resfriado e natural / Renan Pereira

Rezende. - 2020.

68 p. : il.

Orientador(a): Ednilton Tavares de Andrade.

Coorientador(a): Flávio Meira Borém.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de
Lavras, 2020.

Bibliografia.

1. Fluido dinâmica computacional. 2. Armazenamento
resfriado. 3. Café. I. Andrade, Ednilton Tavares de. II. Borém,
Flávio Meira. III. Título.

RENAN PEREIRA REZENDE

**SIMULAÇÃO NUMÉRICA DA DISTRIBUIÇÃO DE TEMPERATURA DE CAFÉ
ARMAZENADO EM AMBIENTE RESFRIADO E NATURAL**

**NUMERIAL SIMULATION OF TEMPERATURE DISTRIBUTION OF COFFEE
STORED IN COLD AND NATURAL ENVIRONMENT**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, área de concentração em Processamento de Produtos Agrícolas, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 17 de dezembro de 2020.
Dra. Sttela Dellyzete Veiga Franco da Rosa
Prof. Dr. Ivano Alessandro Devilla

EMBRAPA
UEG

Prof. Dr. Ednilton Tavares de Andrade
Orientador

Prof. Dr. Flávio Meira Borém
Coorientador

**LAVRAS-MG
2020**

A todos que fazem parte da minha vida!

AGRADECIMENTOS

À Deus, por tudo que permite acontecer.

Aos meus pais João e Madalena, meu irmão Bruno e toda minha família, pelo apoio e incentivo aos estudos, e por serem meu alicerce.

À Amanda, pela incessável companhia, encorajamento e amor.

À Universidade Federal de Lavras e Departamento de Engenharia Agrícola pela oportunidade, e à CAPES pela concessão da bolsa de mestrado e fomento à pesquisa.

Ao amigo e orientador Prof. Dr. Ednilton Tavares de Andrade, pela instrução durante todo o mestrado e pelo incentivo a sempre melhorar.

A todos professores que fizeram parte desta caminhada, em especial o coorientador Prof. Dr. Flávio Meira Borém, o Prof. Dr. Jefferson Luiz Gomes Corrêa, e aos demais membros da banca, Dra. Sttela Dellyzete Veiga Franco da Rosa, Prof. Dr. Ivano Alessandro Devilla e Prof. Dr. Roney Alves da Rocha, pela pronta disponibilidade.

Ao Laboratório de Processamento de Produtos Agrícolas, às técnicas pela prontidão em ajudar e aos diversos amigos e colegas que conheci e convivi durante estes anos.

Às empresas LIV Logística, GrainPro, Cool Seed e Nucoffee, pelo louvável incentivo à Ciência e por todo o apoio ao projeto.

Muito obrigado!

RESUMO

O armazenamento de produtos agrícolas tem grande importância na manutenção da qualidade do produto entre a colheita e comercialização. Para o café, perdas de qualidade podem influenciar fortemente seu valor de mercado, o que faz do armazenamento uma das principais etapas em toda a cadeia produtiva. O uso de técnicas numéricas e computacionais, como o método dos elementos finitos (MEF) e a fluido dinâmica computacional (CFD), permite a análise e simulação de sistemas que envolvem, entre outros, a transferência de calor, como é o caso do armazenamento de grãos. Um modelo computacional a partir destas técnicas que represente satisfatoriamente um sistema real pode ser utilizado para testar e analisar alternativas de decisão, sem a necessidade de experimentação real. Neste trabalho, procurou-se estudar o armazenamento de café moça por meio de técnicas computacionais, demanda que partiu da iniciativa privada. Foi realizado o armazenamento de café durante 6 meses em ambiente resfriado, onde se procurou manter os grãos armazenados entre 15 e 18°C, e em ambiente natural. Para a comparação entre amostras iniciais e finais do produto após o armazenamento, foi determinado o teor de água, massa específica aparente, colorimetria, calor específico, condutividade térmica, difusividade térmica e análise sensorial. Constatou-se que o teor de água e calor específico foram as únicas propriedades onde houve mudanças significativas. Por meio de análise sensorial, observou-se que a manutenção da qualidade do café utilizado ao longo do armazenamento foi a mesma para ambos sistemas. Foi desenvolvido um modelo computacional para simular o processo de transferência de calor para os dois tipos de armazenamento. Por meio da comparação dos resultados das simulações com os observados experimentalmente para a distribuição de temperatura durante o armazenamento, obteve-se um erro relativo médio geral de 2,34% para o em ambiente natural e 5,74% para o ambiente resfriado.

Palavras-chave: Fluido dinâmica computacional. Armazenamento resfriado. Café.

ABSTRACT

The storage of agricultural products is of great importance in maintaining product quality between harvest and commercialization. For coffee, quality losses can strongly influence its market value, which makes storage one of the main stages in the entire production chain. The use of numerical and computational techniques, such as the finite element method (FEM) and the computational fluid dynamics (CFD), allows the analysis and simulation of systems that involve, among others, heat transfer, as is the case in grain storage. A computational model based on these techniques that satisfactorily represents a real system can be used to test and analyze decision alternatives, without the need for real experimentation. In this work, we study the storage of mocha coffee using computational techniques, a demand that came from the private sector. Coffee was stored for 6 months in a cool environment, with the objective of keeping the beans between 15 and 18°C, and in a natural environment. For the comparison between initial and final samples of the product after storage, water content, apparent specific mass, colorimetry, specific heat, thermal conductivity, thermal diffusivity and sensory analysis were determined. It was found that the water content and specific heat were the only properties where significant changes happened. Through sensory analysis, it was observed that both systems maintained the quality of the coffee used equally. A computational model was developed to simulate the heat transfer process for both types of storage. By comparing the results of the simulations with those observed experimentally for the temperature distribution during storage, a general average relative error of 2.34% was obtained for the natural environment and 5.74% for the cooled environment.

Keywords: Computational fluid dynamics. Cold storage. Coffee.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Sacas de café em um armazém convencional.	3
Figura 2 – Evolução da temperatura do ar de secagem em um secador.	8
Figura 3 – Distribuição de temperatura dentro de uma câmara fria.	8
Figura 4 – Temperatura máxima (linha vermelha) e mínima (linha azul) médias para a cidade de Varginha - MG, com faixas do 25° ao 75° e do 10° ao 90° percentil.	9
Figura 5 – Precipitação média (linha contínua) para a cidade de Varginha – MG, com faixas do 25° ao 75° e do 10° ao 90° percentil.	10
Figura 6 – Esquema do lastro utilizado nas pilhas durante o armazenamento e sua posição na camada acima ou abaixo, que permite a amarração.	11
Figura 7 – <i>Cocoon</i> aberto e fechado para armazenamento do café em sacaria.	12
Figura 8 – Pilha armazenada em ambiente natural.	12
Figura 9 – Equipamento utilizado para o resfriamento do ambiente durante o armazenamento do café.	13
Figura 10 – Distribuição de ar resfriado do equipamento para os <i>cocoons</i>	13
Figura 11 – Painel de controle do equipamento de resfriamento.	14
Figura 12 – Sonda posicionada através de uma saída de ar do <i>cocoon</i> , perfurando a massa de grãos até aproximadamente 0,5 m abaixo do topo da pilha.	15
Figura 13 – Um dos sensores que foram posicionados no interior das pilhas.	16
Figura 14 – Visão em perspectiva dos 15 pontos de coleta no interior da pilha em ambiente resfriado.	16
Figura 15 – Visão em perspectiva dos 7 pontos de coleta no interior da pilha em ambiente natural.	17
Figura 16 – Kit para determinação de peso hectolitro.	18
Figura 17 – Colorímetro CR-300 para análises de cor.	19
Figura 18 – Esquematização da determinação do calor específico.	20
Figura 19 – Composição utilizada para a determinação do calor específico, com o calorímetro (A) e o datalogger (sistema de aquisição de dados) (B).	21
Figura 20 – Esquema utilizado para a determinação da condutividade térmica.	22
Figura 21 – Composição utilizada na determinação da condutividade térmica das amostras de	

café em laboratório, com a BOD (A), datalogger (sistema de aquisição de dados) (B) e a fonte de alimentação que gera a corrente elétrica (C).	23
Figura 22 – Esquema da composição do sistema de armazenamento em ambiente resfriado.	25
Figura 23 – Malha aplicada à geometria do <i>cocoon</i> que envolve a pilha de café durante o armazenamento resfriado.	26
Figura 24 – Malha aplicada à geometria da pilha de café armazenado.	26
Figura 25 – Pontos de coleta divididos em diferentes regiões dentro do <i>cocoon</i> para comparação de temperatura.	36
Figura 26 – Temperatura média geral obtida no sistema real e pelo modelo, ao longo do armazenamento em ambiente resfriado.	37
Figura 27 – Temperatura média geral obtida no sistema real e pelo modelo, ao longo do armazenamento em ambiente natural.	38
Figura 28 – Número associado a cada sensor de temperatura no armazenamento em ambiente resfriado.	38
Figura 29 – Temperatura obtida experimentalmente e pelo modelo ao longo do armazenamento resfriado e erro relativo médio (P) para cada ponto de coleta.	39
Figura 30 – Número associado a cada sensor de temperatura no armazenamento em ambiente natural.	44
Figura 31 – Temperatura obtida experimentalmente e pelo modelo ao longo do armazenamento natural e erro relativo médio (P) para cada ponto de coleta.	45
Figura 32 – Distribuição de temperatura interna da pilha de café e <i>cocoon</i> com 50 dias (A) e 130 dias (B) decorridos de armazenamento em ambiente resfriado.	47
Figura 33 – Corte vertical da distribuição de temperatura interna na pilha de café com 50 dias (A) e 100 dias (B) decorridos de armazenamento em ambiente natural.	28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Propriedades utilizadas para o café e dados de entrada para o modelo.	29
Tabela 2 – Teor de água (% bu) obtido para as amostras no início e término do período de armazenamento.	30
Tabela 3 – Massa específica aparente (kg.m^{-3}) das amostras obtidas no início e término do período de armazenamento.	30
Tabela 4 – Coordenadas colorimétricas obtidas para as amostras obtidas no início e término do período de armazenamento, e valor da diferença total de cor entre elas.	31
Tabela 5 – Calor específico ($\text{kJ.kg}^{-1}.\text{°C}^{-1}$) obtido para as amostras no início e término do período de armazenamento.	32
Tabela 6 – Condutividade térmica ($\text{W.m}^{-1}.\text{°C}^{-1}$) obtida para as amostras no início e término do período de armazenamento.	32
Tabela 7 – Difusividade térmica ($\text{m}^2.\text{s}^{-1}$) obtida para as amostras no início e término do período de armazenamento.	33
Tabela 8 – Propriedades físicas e térmicas médias obtidas para as amostras inicial e final.	33
Tabela 9 – Nota média obtida pelo método de avaliação sensorial da SCA para as amostras inicial e final, nos dois sistemas de armazenamento.	34
Tabela 10 – Média geral dos erros relativos médios obtida para cada sistema de armazenamento.	34
Tabela 11 – Média dos erros relativos médios para cada região dentro do <i>cocoon</i>	36

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	1
2.	REFERENCIAL TEÓRICO	2
2.1.	Armazenamento de produtos agrícolas	2
2.1.1.	Armazenamento convencional	3
2.1.2.	Armazenamento em ambiente resfriado	4
2.2.	Transferência de calor	4
2.3.	Avaliação da qualidade de café	6
2.4.	Fluido dinâmica computacional e Método dos elementos finitos	6
3.	MATERIAL E MÉTODOS	9
3.1.	Metodologia experimental	9
3.1.1.	Armazenamento	10
3.1.2.	Determinação das propriedades físicas	17
3.1.3.	Determinação das propriedades térmicas	19
3.1.4.	Análise Sensorial	24
3.2.	Metodologia matemática e computacional	24
3.2.1.	Modelagem da geometria	24
3.2.2.	Equações do modelo	27
3.2.3.	Parâmetros da simulação	28
3.2.4.	Comparação entre simulação e situação real	29
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
4.1.	Propriedades Físicas	30
4.1.1.	Teor de água	30
4.1.2.	Massa específica aparente	30
4.1.3.	Colorimetria	31
4.2.	Propriedades Térmicas	32
4.2.1.	Calor específico	32
4.2.2.	Condutividade térmica	32
4.2.3.	Difusividade térmica	33

4.3. Comparação das propriedades físicas e térmicas	33
4.4. Análise Sensorial	34
4.5. Simulação numérica	34
5. CONCLUSÕES	50
REFERÊNCIAS	51
APÊNDICE A	55

1. INTRODUÇÃO

O armazenamento de produtos agrícolas tem como principal objetivo manter a qualidade do produto entre sua colheita e eventual comercialização. É uma das etapas mais importantes na manutenção da qualidade final do produto. Neste período, alterações físicas, químicas, bioquímicas, fisiológicas, sanitárias e sensoriais podem ocorrer, levando a alterações indesejáveis na qualidade.

Entre os principais fatores que têm influência nas alterações físicas e químicas, em especial, destacam-se a temperatura, umidade relativa do ar, concentração de gases, teor de água dos produtos e sistema de armazenamento. Para o café, assim como para outros produtos agrícolas, o armazenamento é um dos principais fatores determinantes de perdas de qualidade do produto, o que influencia diretamente seu valor de mercado. Por isso, é uma das principais etapas de toda a cadeia produtiva.

Para estudos de sistemas complexos, como é o caso de grãos armazenados, é possível utilizar técnicas e modelos computacionais que auxiliam nas análises do funcionamento destes sistemas. Um modelo computacional é uma representação de um sistema real onde alternativas de decisão podem ser testadas e analisadas antes da escolha por um plano específico para implementação nesse sistema real.

Com o aumento significativo de capacidade computacional, o Método dos Elementos Finitos (MEF) tem sido utilizado de forma ampla devido à sua alta confiabilidade dos resultados. A Fluido Dinâmica Computacional (CFD) trata-se da simulação numérica de processos físicos e químicos. A abordagem conjunta CFD-MEF é um método confiável para análise e simulação de sistemas que envolvem, entre outros, a transferência de calor.

Este trabalho visa determinar as propriedades físicas e térmicas de café armazenado, e simular o processo de transferência de calor durante o armazenamento sob diferentes condições, comparando os resultados da simulação com os observados experimentalmente. A demanda para o projeto surgiu da iniciativa privada, de uma empresa que armazena cafés *commodity* e especiais, com o intuito de estudar novas técnicas de armazenamento que pudessem ser utilizadas e implementadas em sua estrutura.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Armazenamento de produtos agrícolas

O armazenamento de produtos agrícolas permite, entre outros, a distribuição e o abastecimento consistente de diferentes mercados (BORÉM, 2014). Para o café, é uma etapa importante de preservação de sua qualidade antes de sua comercialização. O armazenamento pode ser acompanhado de perda de qualidade, devido a alterações quantitativas e qualitativas das substâncias presentes nos grãos, o que faz com que a preservação da qualidade do produto dependa diretamente da existência de boas condições de armazenamento (TRIPETCH; BOROMPICHAICHARTKUL, 2019). Os principais fatores que podem levar à perda de qualidade durante o período de armazenagem são variações na temperatura e umidade relativa e exposição à luz (BORÉM et al., 2019).

Pelo fato de a temperatura ser um dos principais fatores que interferem na qualidade de armazenamento de grãos, vem crescendo a utilização da tecnologia de resfriamento artificial. Esta técnica consiste em resfriar os silos ou locais de armazenamento por meio de ar refrigerado insuflado para o seu interior, permanecendo o sistema em funcionamento até a massa de grãos possuir níveis desejados de temperatura. O objetivo é preservar a qualidade dos produtos por mais tempo e reduzir sua deterioração, uma vez que a redução da temperatura dos mesmos diminui a velocidade de suas reações bioquímicas e metabólicas (PARAGINSKI et al., 2015).

O café é um produto agrícola cujo preço é fortemente influenciado pela sua qualidade (BORÉM et al., 2019), e o processo de armazenamento de café, em condições inadequadas, é considerado um dos principais fatores determinantes de perdas qualitativas e quantitativas no produto (ROSA et al., 2013). Assim, o armazenamento é tido como uma etapa de grande importância na cadeia de produção.

O método de armazenamento pode ser classificado conforme o acondicionamento e manuseio do produto. Para café, o armazenamento convencional se refere ao acondicionamento do produto em sacaria, e armazenamento a granel se refere ao café manuseado e estocado sem sacaria (BORÉM, 2014). Além disso, pode haver também sistemas de controle das condições de armazenamento, como por exemplo o controle da atmosfera de armazenamento, e armazenamento em ambiente resfriado.

2.1.1. Armazenamento convencional

No ano de 2020, a produção nacional de café beneficiado atingiu a marca de 61,6 milhões de sacas (CONAB, 2020). A maior parte do café produzido é armazenada utilizando o sistema convencional, que consiste do armazenamento em sacaria em edificações de alvenaria e estrutura metálica, sem nenhum tipo de controle sobre o ambiente de armazenamento, onde o produto fica submetido à perda de qualidade causada pelas variações do teor de água dos grãos e a interação dos grãos com o ar ambiente (BORÉM et al., 2013).

Além disso, também pode ser utilizado, em adição aos sacos de juta e alta barreira, os “big-bags”, embalagens com capacidade de até 1200 kg. Suas vantagens se dão pelo fato de serem mais facilmente manuseados mecanicamente, minimizando a necessidade de mão-de-obra e o uso de sacaria. Contudo, como desvantagens tem-se a redução da capacidade estática de armazenamento devido à limitação da altura de empilhamento pela instabilidade das pilhas, e também o fato de que, assim como os sacos convencionais, também são permeáveis à passagem de ar ambiente (BORÉM, 2014).

O armazenamento convencional é predominante em razão das instalações de armazenamento convencionais já instaladas, que normalmente não permitem nenhum tipo de controle do ambiente de armazenamento, e também pelo significativo menor custo quando comparado a sistemas com controle de temperatura e da atmosfera (concentração de gases) de armazenamento.

Na Figura 1 é ilustrado o armazenamento de café em um armazém convencional.

Figura 1 – Sacas de café em um armazém convencional



Fonte: BORÉM (2014).

2.1.2. Armazenamento em ambiente resfriado

A manutenção da qualidade de grãos armazenados está relacionada, principalmente, com o teor de água e a temperatura do produto, e durante o armazenamento prolongado, do controle de insetos, fungos e bactérias (RIGUEIRA et al., 2009). O resfriamento do ar de armazenamento é uma técnica para controle das condições ambiente de temperatura e por consequência umidade relativa do ar, importantes para controlar o processo deteriorativo nos produtos agrícolas. A redução da temperatura do produto armazenado abaixo de 15°C tem sido eficiente para minimizar a atividade de água e consequentemente a atividade de fungos e pragas (ROSA et al., 2013).

O armazenamento resfriado já foi utilizado para avaliar alterações na qualidade de diversos produtos agrícolas como milho (RONALDO QUIRINO et al., 2013), feijão-carioca (DEMITO et al., 2019), trigo (KWAŚNIEWSKA-KAROLAK; MOSTOWSKI, 2019), e também em frutas como laranja (GAO et al., 2019) e maçã (MARTÍNEZ MALDONADO et al., 2015). Em todos estes trabalhos é demonstrada a eficácia na manutenção da qualidade dos diversos produtos armazenados quando em ambiente resfriado.

Para a manutenção da qualidade de café, o armazenamento em ambiente resfriado já foi estudado para a análise sensorial (BORÉM et al., 2008; RIGUEIRA et al., 2009), e também para a análise de aspectos químicos e fisiológicos (PÉREZ-MARTÍNEZ et al., 2008; ROSA et al., 2013).

Para o resfriamento do ambiente de armazenamento, que deve ser hermeticamente isolado, pode-se utilizar, entre outros: sistemas de resfriamento à vácuo, onde o resfriamento é atingido pela rápida evaporação da água do produto; sistemas com água fria, onde o produto é emerso em água gelada; e sistemas de ventilação forçada, que é o principal método utilizado para resfriamento de produtos agrícolas, onde o ar externo resfriado é injetado diretamente no ambiente de armazenamento (GROSS; WANG; SALTVEIT, 2016).

2.2 Transferência de calor

Uma massa de grãos armazenada se encontra submetida à ação de variáveis físicas, químicas e biológicas, que juntas levam à formação de gradientes de temperatura, umidade e gases no interior da massa de grãos. A existência desses gradientes faz com que haja um processo de transferência de calor e de massa dentro do ecossistema (ANDRADE et al., 2004).

A equação de transferência de calor por condução (tridimensional, transiente e com geração de calor) que ocorre dentro de uma massa de grãos armazenados, em coordenadas cartesianas (x, y, z), pode ser escrita como (BERGMAN et al., 2011):

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(k \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(k \frac{\partial T}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(k \frac{\partial T}{\partial z} \right) + \dot{q} = \rho c_p \frac{\partial T}{\partial t} \quad (1)$$

Onde: T é a temperatura em função de x, y, z e t ($^{\circ}\text{C}$); k é a condutividade térmica da massa de grãos ($\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot^{\circ}\text{C}^{-1}$); \dot{q} é a taxa de geração de calor (W); ρ é a massa específica ($\text{m}^3\cdot\text{kg}^{-1}$) e c_p é o calor específico ($\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot^{\circ}\text{C}^{-1}$).

Por meio da resolução da Equação 1 é possível obter a distribuição de temperatura $T(x, y, z)$ em função do tempo.

Durante o armazenamento, além das trocas de calor no interior da massa de grãos, há também a troca de calor entre a massa de grãos e o ambiente de armazenamento, o que é ainda mais acentuado quando em ambiente resfriado, devido às maiores diferenças de temperatura dessa situação.

Os principais fatores internos que influenciam no processo de transferência de calor são a produção de calor, umidade e CO_2 pela respiração dos grãos, insetos, ácaros, fungos, bactérias e as propriedades físicas do produto armazenado (JAYAS; WHITE; MUIR, 1995). Para análises de transferência de calor, as propriedades térmicas do produto como calor específico, condutividade térmica e difusividade térmica são de grande relevância (BORÉM et al., 2002).

O calor específico, por definição, é a quantidade de calor necessária para elevar a temperatura de um corpo em 1°C por unidade de massa, sem mudança de estado. É uma propriedade importante para a determinação da energia necessária para aquecer ou resfriar um produto (CARDOSO et al., 2018).

A condutividade térmica de um material quantifica a sua habilidade de conduzir energia térmica. Valores de condutividade térmica para materiais sólidos, granulares e porosos podem variar de acordo com sua composição química, conteúdo de material fluido, estrutura física, estado, massa específica, temperatura e teor de água. Para materiais biológicos, como os grãos, a condutividade térmica depende mais da estrutura celular, densidade e teor de água do que da temperatura (MOHSENIN, 1980).

A difusividade térmica mede a taxa de transferência de calor pelo gradiente de temperatura entre a parte quente e a parte fria no interior de um produto e entre sua superfície

e o ambiente externo. Pode ser determinada a partir do calor específico, condutividade térmica e massa específica aparente (CARDOSO et al., 2018).

2.3 Avaliação da qualidade de café

O café tem seu valor comercial diretamente relacionado à sua qualidade. Entre os fatores que comprometem a qualidade estão a composição química do grão, processos de pós-colheita (como o armazenamento), torração, moagem e preparo da bebida. Somente com a preservação da qualidade do café durante o armazenamento é que se faz possível a obtenção de preços competitivos para o produto (BORÉM et al., 2008).

Para classificar cafés quanto à sua qualidade, um dos principais fatores é a análise sensorial descritiva, pela qual os provadores atribuem notas para cada atributo sensorial. Dentre os métodos de análise sensorial, o principal é o proposto pela *Specialty Coffee Association* (SCA). Os 11 atributos avaliados são: fragrância/ aroma, uniformidade, ausência de defeitos, doçura, sabor, acidez, corpo, finalização, equilíbrio, defeitos e avaliação global. A cada atributo é dada uma nota de 0 até 10. Calcula-se, inicialmente, o Resultado Total, que é a soma das avaliações de cada atributo. O valor correspondente aos defeitos é, depois, subtraído do Resultado Total, obtendo-se o Resultado Final (SCA, 2008).

2.4 Fluido dinâmica computacional (CFD) e Método dos elementos finitos (MEF)

Modelos computacionais são empregados para análises de transferência de calor nas mais diversas aplicações, como no estudo da distribuição de temperatura em fornalhas (GARCÍA et al., 2019), a simulação da transferência de calor e água durante a secagem de milho (OSTANEK; ILELEJI, 2019) e na eficiência em secadores de grãos (ROMÁN; MBUGE; HENSEL, 2019). Ao se utilizar um modelo computacional para a simulação numérica de uma situação real, é possível propor melhorias, otimizar e testar alternativas, de modo a prever qual a melhor delas, sem necessidade de executar experimentos físicos (PENG et al., 2017).

A fluido dinâmica computacional (CFD) é um método para análise sistemática de transferência de calor, transferência de massa, hidrodinâmica, entre outros, por meio da simulação numérica (AJANI; ZHU; SUN, 2020). Na pesquisa científica, o CFD já foi utilizado para simular condições de armazenamento resfriado, obtendo resultados satisfatórios

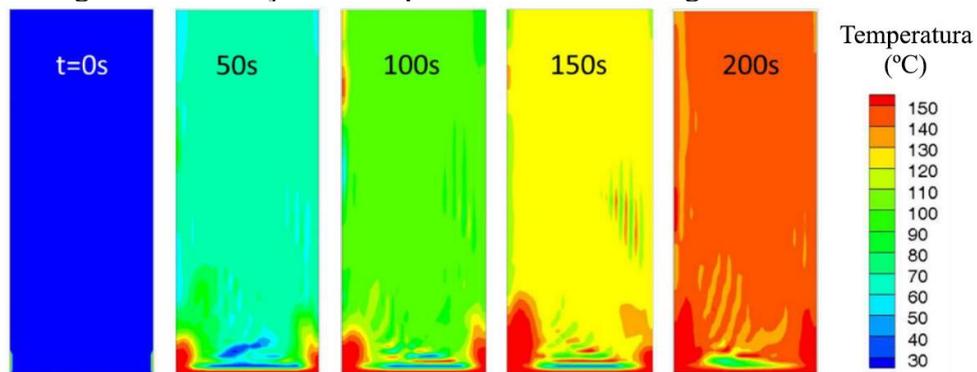
(KHENIEN; BENATTAYALLAH; TABOR, 2019; NAHOR et al., 2005; SAJADIYE et al., 2013).

O método dos elementos finitos (MEF) é um procedimento numérico para determinar soluções aproximadas de problemas de equações diferenciais com condições de contorno. Tem sido desenvolvido e amplamente utilizado por sua alta confiabilidade e precisão nos resultados (NIMDUM et al., 2015). O MEF subdivide o domínio de um problema em partes menores, de forma a facilitar sua solução, sendo essas partes denominadas elementos finitos. Essa subdivisão em partes simples apresenta vantagens como a representação precisa de geometrias complexas, a inclusão de propriedades distintas em materiais não-similares e identificação de efeitos localizados. O MEF é largamente empregado para análises térmicas de sistemas (ZHAO, 2014).

O método CFD tem grande capacidade de analisar de forma profunda fluxo contínuo, transferência de massa e trocas de calor, enquanto o MEF tem grande vantagem na análise de partículas discretas. A abordagem combinada dos dois métodos (CFD-MEF) é uma técnica muito promissora para descrever e simular processos de transferência de calor, tendo capacidade de gerar informações macro e microscópicas detalhadas (AZMIR; HOU; YU, 2019). Assim, o CFD-MEF é uma técnica eficaz para simulações que envolvem fluidos e sólidos em um mesmo sistema (GOLSHAN et al., 2020). Para o armazenamento de produtos agrícolas em ambiente resfriado, a abordagem CFD-MEF já foi utilizada na literatura, como observado em Han et al. (2019) e Akdemir e Bartzanas (2015).

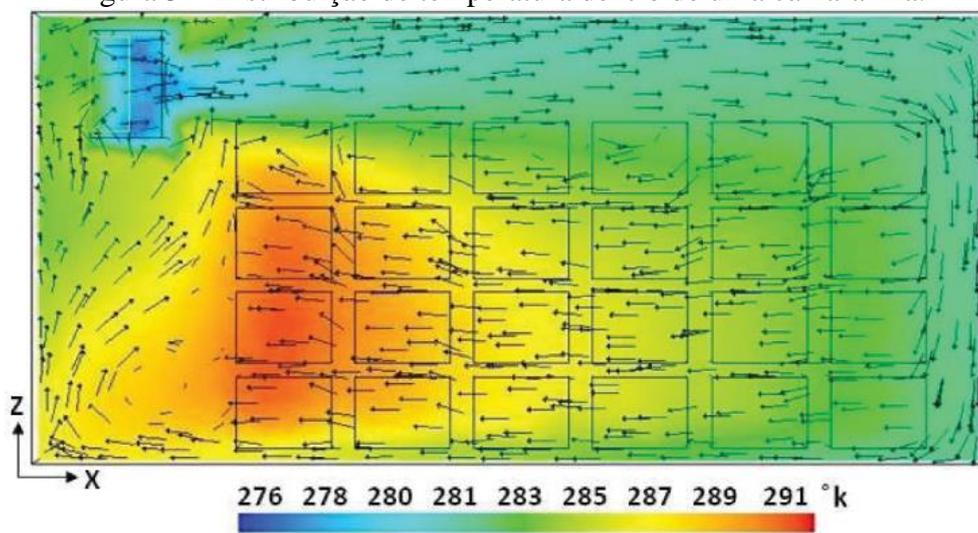
As Figuras 2 e 3 apresentam exemplos de aplicações da simulação para análises térmicas pela abordagem CFD-MEF e os resultados que é possível se obter. Na Figura 2 é mostrada a evolução da temperatura do ar de secagem dentro de um secador (AZMIR; HOU; YU, 2019) e na Figura 3, a distribuição de temperatura dentro de uma câmara fria para armazenamento (SAJADIYE et al., 2013).

Figura 2 – Evolução da temperatura do ar de secagem em um secador.



Fonte: adaptado de AZMIR; HOU; YU (2019).

Figura 3 – Distribuição de temperatura dentro de uma câmara fria.



Fonte: adaptado de SAJADIYE et al. (2013).

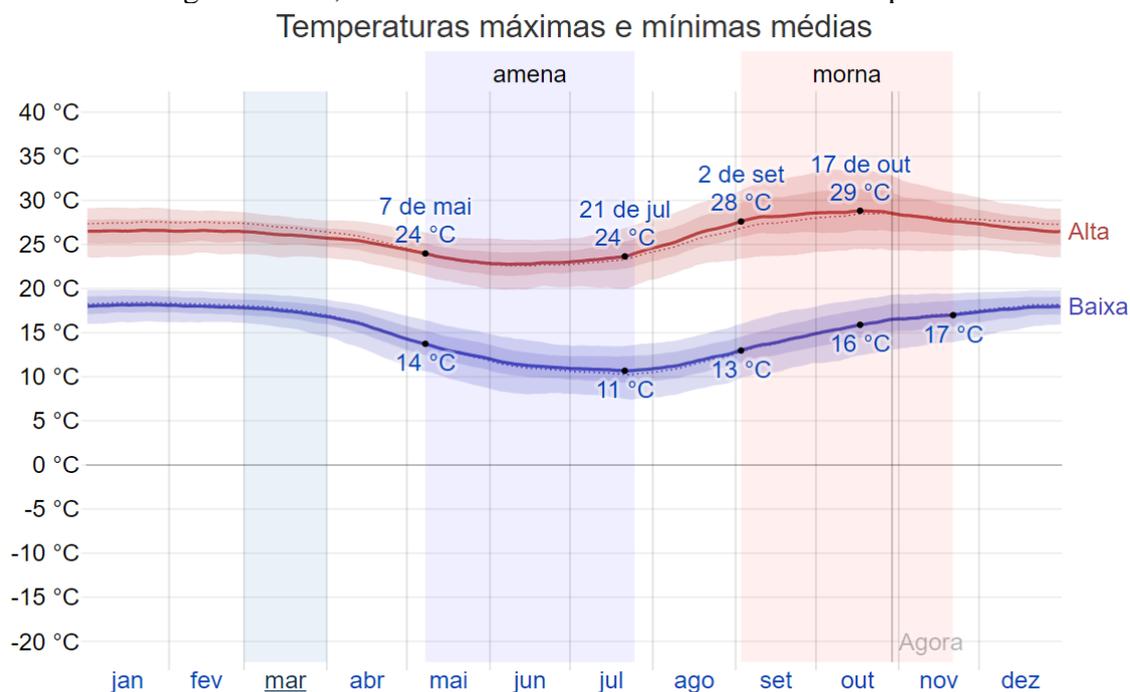
3. MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia utilizada para a realização do projeto foi dividida em metodologia experimental e metodologia matemática e computacional, conforme apresentado a seguir.

3.1. Metodologia Experimental

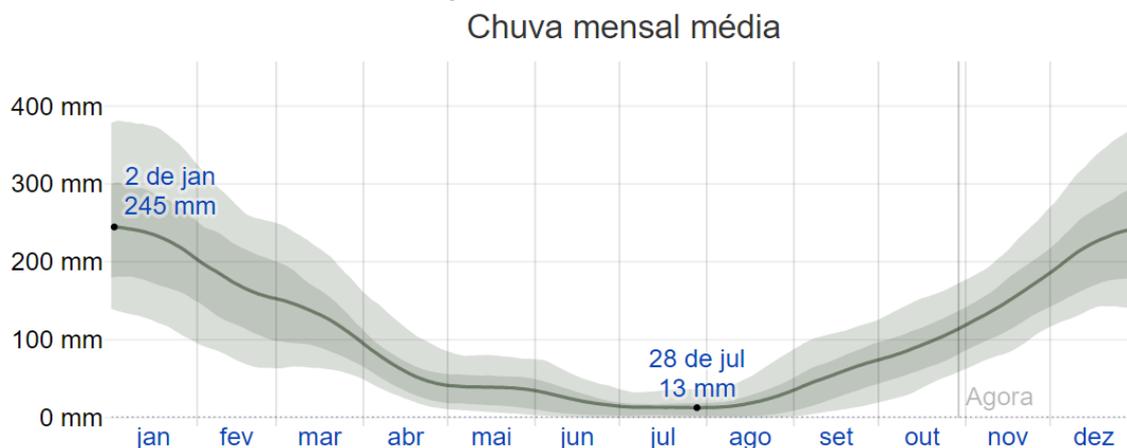
O trabalho foi realizado no Laboratório de Processamento de Produtos Agrícolas (LPPA) da Universidade Federal de Lavras (UFLA) e na empresa LIV, na cidade de Varginha – MG. O município tem altitude média de 980 m. O clima é classificado como Cwb (clima tropical de altitude) na classificação climática de Köppen-Geiger. Na Figura 4 é apresentado as temperaturas máximas e mínimas médias anuais para o município, e na Figura 5 a precipitação média ao longo do ano.

Figura 4 - Temperatura máxima (linha vermelha) e mínima (linha azul) médias para a cidade de Varginha - MG, com faixas de 25° ao 75° e do 10° ao 90° percentil.



Fonte: Weatherspark (2019).

Figura 5 - Precipitação média (linha contínua) para a cidade de Varginha – MG, com faixas do 25° ao 75° e do 10° ao 90° percentil.



Fonte: Weatherspark (2019).

O café utilizado foi disponibilizado pela empresa Nucoffee, e foi composto de um lote comercial de grãos moça, podendo conter diferentes variedades. O armazenamento do produto foi realizado no armazém da empresa (LIV) e a determinação das propriedades físicas e térmicas e análise sensorial se deu em laboratório (UFLA).

3.1.1 Armazenamento

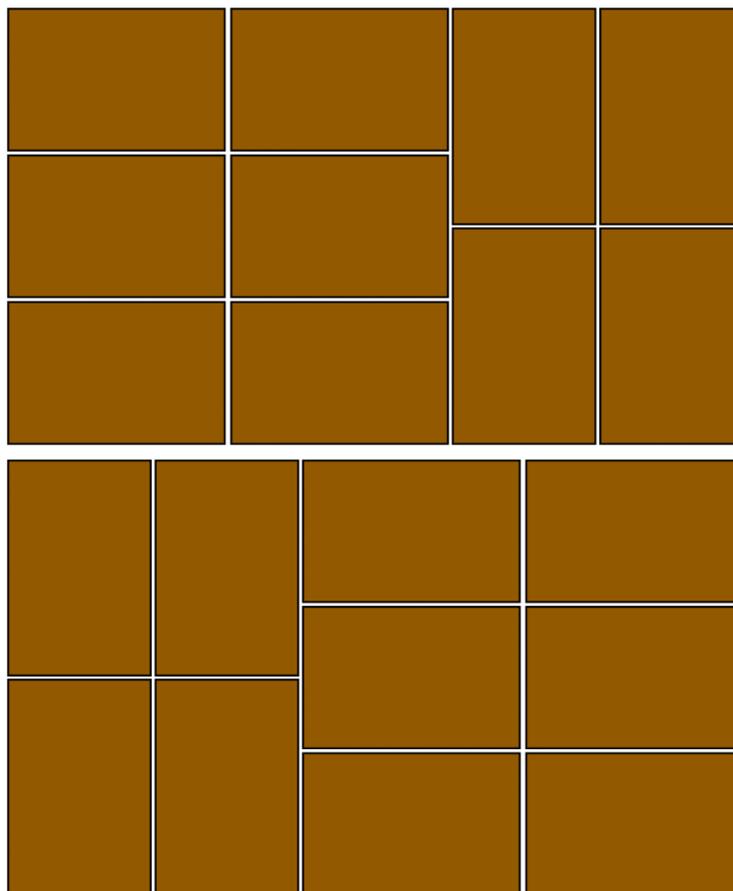
O café foi armazenado por 6 meses - entre novembro de 2019 e maio de 2020 - em um armazém na cidade de Varginha, nas formas convencional (ambiente natural) e convencional em ambiente resfriado (15 a 18°C), ambas em sacaria de juta.

Em ambos sistemas de armazenamento, as pilhas de sacas de café tiveram a mesma composição física. O lastro utilizado para a distribuição das sacarias foi de 10 sacas. Cada lastro representa a distribuição das sacarias em uma camada vertical. Na camada acima ou abaixo, o lastro foi sempre rotacionado em 180°, permitindo a amarração da pilha.

Cada uma das duas pilhas continha 7 camadas verticais de 10 sacos cada, totalizando 70 sacas por pilha, e 140 sacas no geral (uma pilha em ambiente natural e uma pilha em ambiente resfriado).

A Figura 6 ilustra o lastro utilizado na composição das pilhas e a configuração do lastro em duas camadas consecutivas.

Figura 6 – Esquema do lastro utilizado nas pilhas durante o armazenamento e sua posição em duas camadas consecutivas.



Fonte: Do autor (2020).

Para o armazenamento em ambiente resfriado, o isolamento foi obtido por meio da utilização do produto *Cocoon Lite 005*, da empresa GrainPro, que consiste de um envoltório de polietileno que minimiza as trocas gasosas e de água com o meio externo, dentro do qual as sacas de café foram armazenadas.

É importante ressaltar que o produto utilizado não tem como objetivo o isolamento térmico do produto armazenado em seu interior, e esta informação foi considerada durante a montagem do experimento e nos eventuais resultados. A composição foi utilizada pelo fato da disponibilidade do produto oferecido pela empresa, pela praticidade em se utilizá-lo para armazenamento de sacarias e também pela facilidade em adaptá-lo para o armazenamento resfriado (entradas e saídas de ar resfriado no sistema, por exemplo), e para averiguar de forma científica sua eficácia ou não para o armazenamento resfriado que se procurava obter.

A Figura 7 apresenta um *cocoon* aberto, com a pilha em seu interior, e um *cocoon* fechado.

Figura 7 – *Cocoon* aberto e fechado para armazenamento do café em sacaria.



Fonte: Do autor (2020).

O modelo do *cocoon* utilizado (Lite 005) possui as dimensões de 3 m de comprimento, 1,6 m de largura e 1,5 m de altura. Apesar de haver dois cocoons na Figura 7, apenas o cocoon à direita foi utilizado para o armazenamento resfriado. A pilha em ambiente natural foi localizada em outro local do armazém, podendo ser observada na Figura 8.

Figura 8 – Pilha armazenada em ambiente natural.



Fonte: Do autor (2020).

Para a manutenção da baixa temperatura no interior do *cocoon*, foi utilizado um resfriador de grãos e sementes da empresa Cool Seed, que permitiu injetar ar resfriado dentro

do *cocoon* onde o café foi armazenado. O equipamento disponibilizado não é um modelo comercial, sendo construído para utilização em testes e experimentos, como nesta pesquisa. A Figura 9 mostra o equipamento que foi utilizado.

Figura 9 – Equipamento utilizado para o resfriamento do ambiente durante o armazenamento do café.



Fonte: Do autor (2020).

O ar resfriado é direcionado para o *cocoon* através de tubulação posicionada na parte traseira do mesmo. A pressão estática no interior da tubulação indicou 100 mmca. A Figura 10 apresenta como foi feita a distribuição de ar resfriado para o *cocoon* no armazém.

Figura 10 – Distribuição de ar resfriado do equipamento para os *cocoons*.



Fonte: Do autor (2020).

O equipamento de resfriamento do ar foi configurado para ligar o resfriamento quando a massa de grãos atingisse 18°C e desligar quando a mesma atingisse 15°C, de forma a mantê-la dentro da faixa de temperatura desejada. O controle foi feito pelo painel do equipamento, que indica, entre outros, a temperatura atual da massa de grãos, a temperatura do ar que está sendo injetado na pilha e a temperatura ambiente externa. O painel de controle pode ser visualizado na Figura 11.

Figura 11 – Painel de controle do equipamento de resfriamento.



Fonte: Do autor (2020).

Para monitorar a temperatura da massa de grãos controlada pelo painel de controle do equipamento de resfriamento, foi utilizada uma sonda que foi colocada através de uma das saídas de ar do *cocoon*, adentrando a pilha cerca de 0,5 m, sendo posicionada em contato com os grãos de café em uma das sacarias. A Figura 12 mostra o posicionamento da sonda.

Figura 12 – Sonda posicionada através de uma saída de ar do *cocoon*, perfurando a massa de grãos até aproximadamente 0,5 m abaixo do topo da pilha.



Fonte: Do autor (2020).

A temperatura dentro das pilhas foi monitorada ao longo de todo o período de armazenamento. Esse monitoramento se deu por meio de 22 sensores idênticos (Figura 13), posicionados no interior e exterior das pilhas, sendo 15 sensores para a pilha em ambiente resfriado e 7 para a pilha em ambiente natural. Esta diferença se dá pelo fato de haver maiores mudanças de temperatura no ambiente resfriado devido à sua diferença com o ambiente externo ao *cocoon*, enquanto que a temperatura da pilha no ambiente natural se estabiliza com o ambiente externo e não se altera significativamente.

Ao final do período de armazenamento, os dados de temperatura lidos pelos sensores foram comparados aos dados de temperatura obtidos pela simulação do processo, permitindo a comparação e validação do modelo como representação fiel do sistema real. Cada sensor, identificado por um número na sua lateral, teve sua posição nas pilhas registrada para a eventual comparação com os mesmos pontos na simulação.

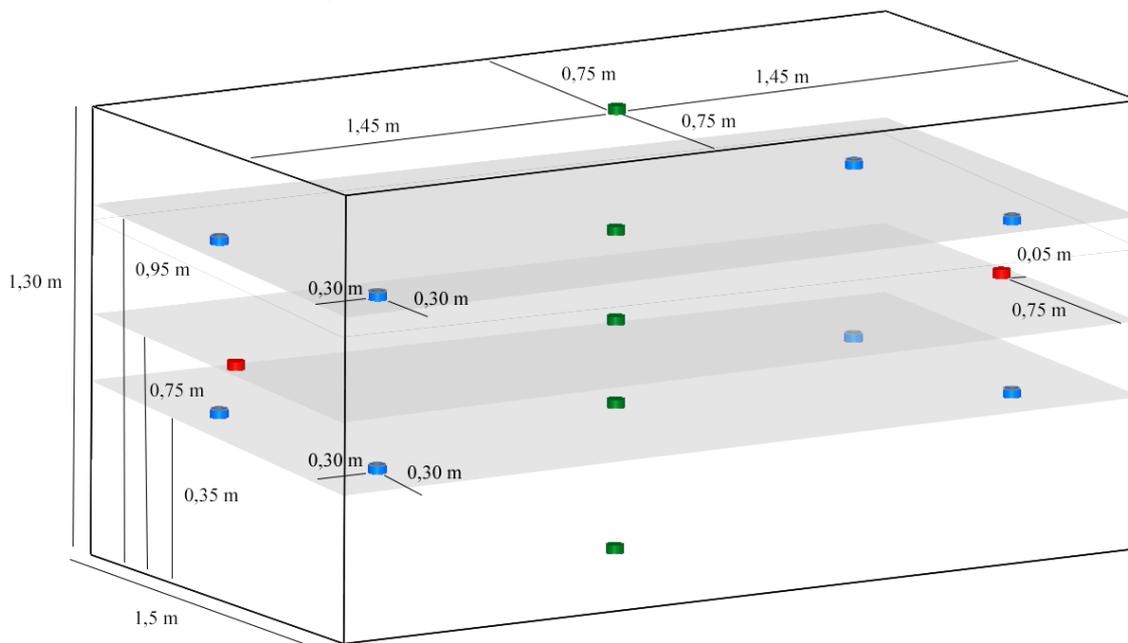
Figura 13 – Um dos sensores que foram posicionados no interior das pilhas.



Fonte: Do autor (2020).

Para o posicionamento dos pontos de coleta na pilha de café armazenado em ambiente resfriado, os sensores foram posicionados em diferentes camadas verticais, variando em altura. A Figura 14 apresenta a visão em perspectiva com todos os sensores posicionados no interior da pilha e sua posição. Cada ponto com a mesma cor tem a mesma distância das bordas laterais entre si, podendo variar apenas na altura no interior da pilha.

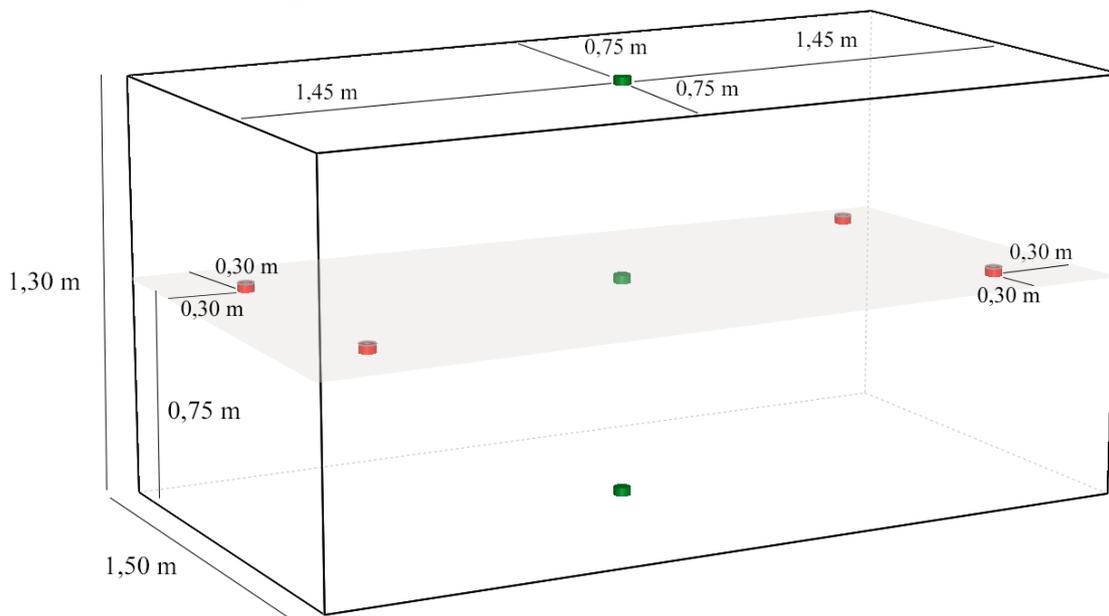
Figura 14 – Visão em perspectiva dos 15 pontos de coleta no interior da pilha em ambiente resfriado e sua posição.



Fonte: Do autor (2020).

De maneira similar, é apresentado na Figura 15 o posicionamento dos pontos de coleta na pilha de café armazenado em ambiente natural.

Figura 15 – Visão em perspectiva dos 7 pontos de coleta no interior da pilha em ambiente natural e sua posição.



Fonte: Do autor (2020).

3.1.2 Determinação das propriedades físicas

As propriedades físicas das amostras inicial e final de café foram determinadas no LPPA da UFLA. Elas envolveram o teor de água, massa específica aparente e colorimetria.

O teor de água das amostras foi determinado pelo método padrão da ISO 6673:2003 (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 2003), que consiste em colocar as amostras em estufa com 105 ± 1 °C por $16 \pm 0,5$ horas.

A massa específica aparente foi determinada utilizando-se um kit para determinação do peso hectolitro de grãos Gehaka, obtendo-se o peso hectolitro dos grãos de café, em $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$. Foram realizadas três repetições para cada amostra (inicial e final). A Figura 16 apresenta o equipamento utilizado.

Figura 16 – Kit para determinação de peso hectolitro.



Fonte: Do autor (2020).

A colorimetria mensura a coloração por meio de medidas objetivas. O colorímetro é um equipamento que separa os componentes RGB da luz, fornecendo coordenadas colorimétricas ($L^*a^*b^*$) que podem ser reproduzidas com grande exatidão. Nesse sistema, “L” indica a luminosidade (0 = preto e 100 = branco) e “a” e “b” indicam as direções que a cor pode assumir: +“a” = vermelho, -“a” = verde, +“b” = amarelo e -“b” = azul (ABREU et al., 2013).

Na agricultura, a colorimetria pode ser utilizada no estudo de correlações entre a coloração e características de interesse, inclusive em estudos de pós-colheita (FERREIRA; SPRICIGO, 2017).

O café armazenado foi analisado conforme sua coloração por meio de um colorímetro Minolta CR-300 no início do armazenamento e após o término, 6 meses depois, de modo a avaliar se houve mudanças significativas na sua coloração e se estas mudanças acompanham outras alterações na qualidade do produto. A Figura 17 apresenta o equipamento utilizado para avaliação de cor das amostras.

Figura 17 – Colorímetro CR-300 para análises de cor.



Fonte: Do autor (2020).

Para as medições, as amostras foram colocadas em placas de petri e para cada repetição foram realizadas cinco leituras, uma no ponto central da placa e uma em cada ponto cardeal, a fim de se obter o valor médio para cada coordenada colorimétrica. Foram realizadas três repetições para cada amostra.

As alterações na coloração foram avaliadas por meio da diferença total de cor (ΔE) entre as amostras iniciais e as amostras finais, obtida pela Equação 2.

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2} \quad (2)$$

onde: ΔE é a diferença total de cor entre duas amostras; ΔL é a diferença do parâmetro L entre duas amostras; Δa é a diferença do parâmetro a entre duas amostras; Δb é a diferença do parâmetro b entre duas amostras.

3.1.3 Determinação das propriedades térmicas

As propriedades térmicas das amostras inicial e final de café foram determinadas no LPPA da UFLA, sendo elas calor específico, condutividade térmica e difusividade térmica, conforme CARDOSO et al. (2018).

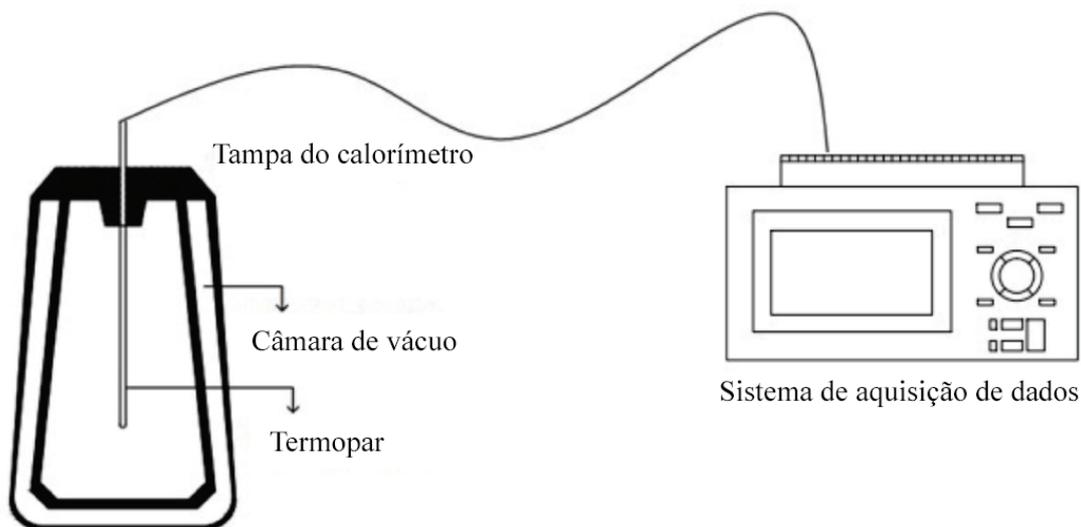
O calor específico foi determinado pelo método de misturas. Neste método, o produto (grãos de café) com massa (100 g) e temperatura conhecidas foram colocados em um calorímetro de capacidade térmica conhecida ($0,048 \text{ kJ} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$), que contém água com massa (0,4 kg) e temperatura conhecidas. Quando o equilíbrio térmico da mistura é alcançado, o calor específico dos grãos pode ser obtido por meio da Equação 3.

$$C_p \cdot M_p \cdot (T_e - T_p) = C_a \cdot M_a \cdot (T_a - T_e) + C \cdot (T_a - T_e) \quad (3)$$

onde C_p é o calor específico do produto ($\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$); C_a é o calor específico da água ($\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$); C é a capacidade térmica do calorímetro ($\text{kJ} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$); M_p é a massa do produto (kg); M_a é a massa de água (kg); T_p é a temperatura inicial do produto ($^\circ\text{C}$); T_a é a temperatura inicial da água ($^\circ\text{C}$); T_e é a temperatura de equilíbrio ($^\circ\text{C}$).

A Figura 18 apresenta a esquematização que foi utilizada para a determinação do calor específico.

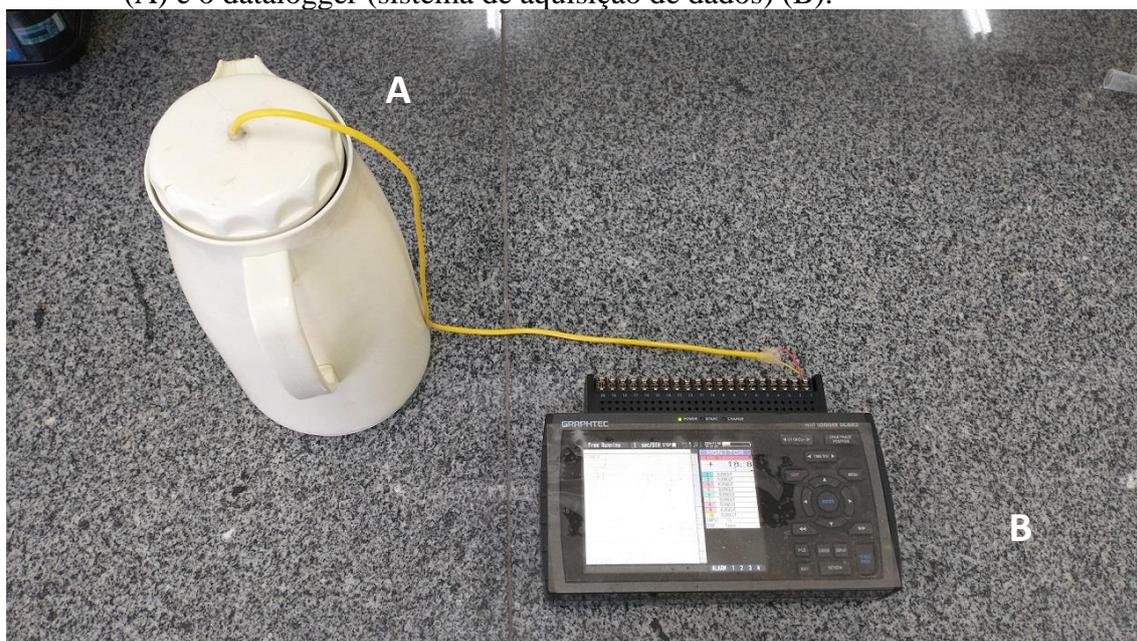
Figura 18 – Esquematização da determinação do calor específico.



Fonte: Adaptado de Cardoso et al. (2018).

Foram realizadas três repetições para cada amostra (inicial e final). A Figura 19 abaixo apresenta a composição utilizada para determinação do calor específico em laboratório.

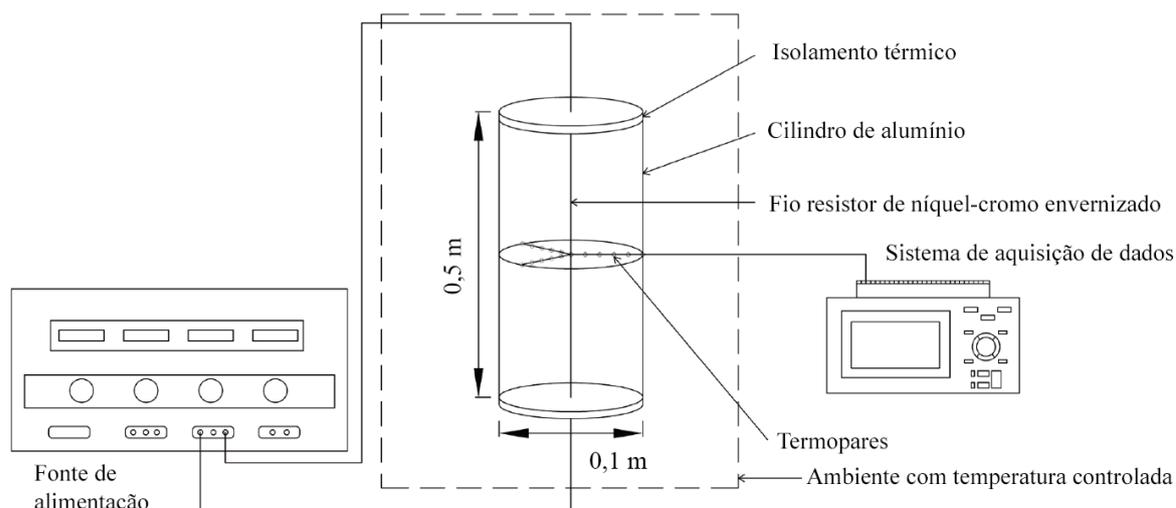
Figura 19 – Composição utilizada para a determinação do calor específico, com o calorímetro (A) e o datalogger (sistema de aquisição de dados) (B).



Fonte: Do autor (2020).

A condutividade térmica foi determinada utilizando o método do cilindro infinito. Este método consiste de colocar a amostra de grãos em um cilindro de alumínio com diâmetro e comprimento conhecidos, com um fio resistor de níquel-cromo envernizado ao longo do eixo central, por onde uma corrente elétrica de baixa intensidade passa (aproximadamente 1 A). A temperatura interior à massa de grãos foi obtida por meio de termopares posicionados na metade da altura do cilindro. A Figura 20 apresenta uma esquematização utilizada para a determinação da condutividade térmica.

Figura 20 – Esquema utilizado para a determinação da condutividade térmica.



Fonte: Adaptado de Cardoso et al. (2018).

Para cada uma das três repetições, o cilindro com café foi mantido em uma BOD com temperatura constante de 20 °C durante 12 horas para estabilização da temperatura, sem a passagem de corrente elétrica pelo fio resistor. Após este período, a fonte que produz a corrente foi ligada, e os dados de temperatura dentro da massa de grãos foram coletados ao longo de 6 horas, a cada 5 segundos.

A condutividade térmica da massa de grãos foi obtida por meio da Equação 4.

$$k = \frac{Q}{4 \cdot \pi \cdot (T_2 - T_1)} \cdot \ln \left(\frac{t_2 - t_0}{t_1 - t_0} \right) \quad (4)$$

onde k é a condutividade térmica ($\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$); Q é o calor gerado pelo fio condutor (W); t é o tempo (s); T_t é a temperatura no tempo t ($^\circ\text{C}$); t_0 é o fator de correção (s).

O calor gerado pelo fio condutor (Q) nesse caso foi obtido a partir do valor da corrente elétrica que passa pelo fio resistor e pelo seu comprimento, por meio da Equação 5.

$$Q = \frac{I^2}{d} \quad (5)$$

onde Q é o calor gerado pelo fio condutor (W); I é a corrente elétrica (A); d é o comprimento do fio resistor (m).

O fator de correção t_0 pode ser calculado como uma função logarítmica dos valores de tempo e das diferenças entre as temperaturas observadas ao longo do tempo e a temperatura inicial do sistema (CHANG, 1986).

A Figura 21 apresenta a composição utilizada para determinação da condutividade térmica em laboratório.

Figura 21 – Composição utilizada na determinação da condutividade térmica das amostras de café em laboratório, com a BOD (A), datalogger (sistema de aquisição de dados) (B) e a fonte de alimentação que gera a corrente elétrica (C).



Fonte: Do autor (2020).

A difusividade térmica da massa de grãos foi determinada a partir dos valores experimentais obtidos para calor específico, condutividade térmica e massa específica aparente, por meio da Equação 6.

$$\alpha = \frac{k}{\rho \cdot C_p} \quad (6)$$

onde α é a difusividade térmica ($\text{m}^2.\text{s}^{-1}$); k é a condutividade térmica ($\text{W}.\text{m}^{-1}.\text{°C}^{-1}$); ρ é a massa específica aparente ($\text{kg}.\text{m}^{-3}$); C_p é o calor específico do produto ($\text{kJ}.\text{kg}^{-1}.\text{°C}^{-1}$).

3.1.4 Análise Sensorial

A análise sensorial foi realizada nos cafés das amostras iniciais e amostras ao final do período de 6 meses de armazenamento. Foi realizada por juízes certificados pela SCA, sendo utilizado o método de avaliação sensorial da SCA, no LPPA, na UFLA.

Com isso, espera-se avaliar se houve mudanças na qualidade do café entre o início e depois do armazenamento, e se houve diferenças entre o armazenamento em ambiente natural e em ambiente resfriado.

3.2. Metodologia matemática e computacional

A simulação do comportamento dos sistemas de armazenamento foi realizada pelo software de análise em elementos finitos ANSYS *Workbench* versão 20.1 (estudantil), que utiliza o método CFD a partir do modelo obtido pelo MEF para obter o comportamento de sistemas envolvendo transferência de calor.

Foram dois sistemas simulados: um em ambiente resfriado, onde a pilha de café é envolvida pelo *cocoon*, com entrada de ar resfriado, e outro em ambiente natural, apenas com a pilha de café, sem qualquer tipo de resfriamento.

Após a simulação numérica, os resultados da distribuição de temperatura foram comparados aos resultados obtidos experimentalmente, de modo a validar o modelo desenvolvido e avaliar sua confiabilidade na representação do sistema real de armazenamento.

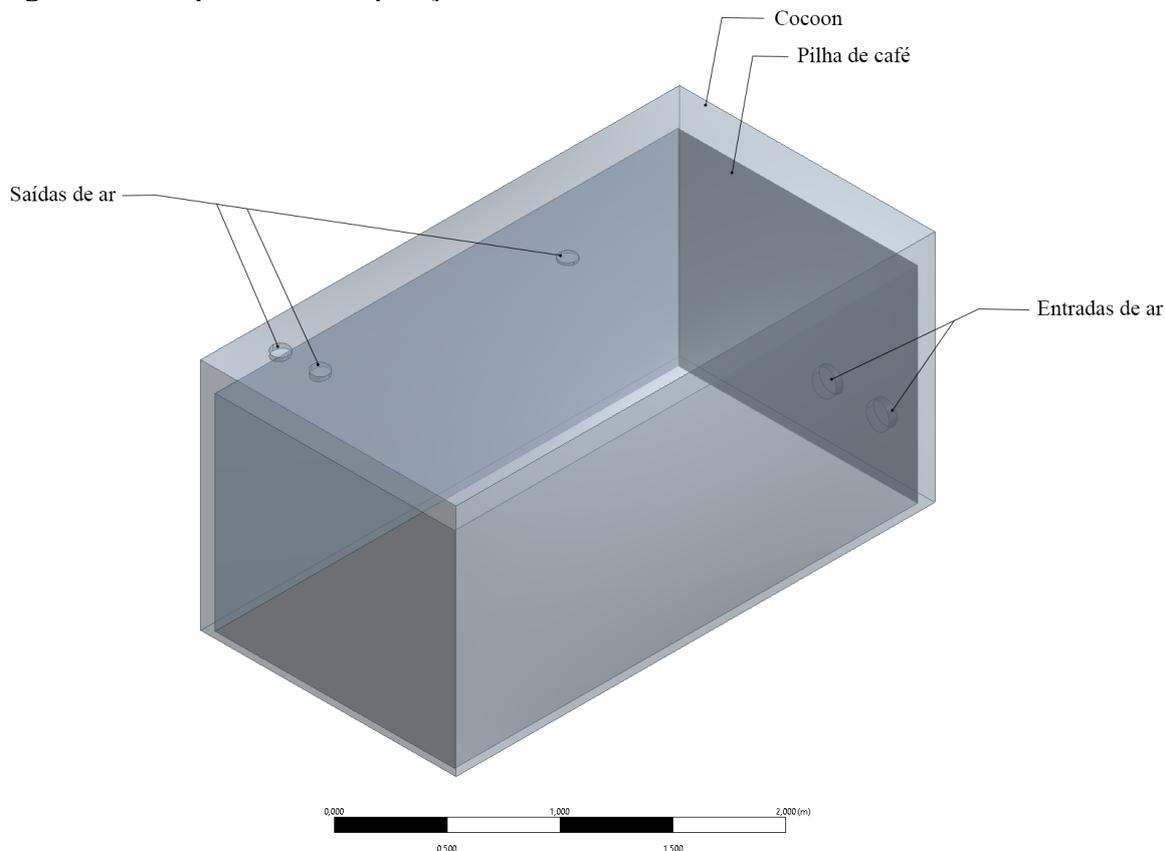
3.2.1. Modelagem da geometria

A modelagem tridimensional da geometria da pilha de sacas de café armazenado, assim como do *cocoon* que a envolve no caso do armazenamento com resfriamento, foi realizada no software SOLIDWORKS versão 2017. A geometria foi então exportada para o ANSYS *Meshing* versão 20.1 (estudantil), um software interno ao ANSYS *Workbench*, que foi utilizado para a escolha e aplicação da malha à geometria, subdividindo o sólido em elementos finitos (MEF).

A pilha de café possui 1,5 m de largura, 2,9 m de comprimento e 1,3 m de altura. O *cocoon* possui 1,6 m de largura, 3,0 m de comprimento e 1,5 m de altura. Nele, contém 2 entradas paralelas de ar resfriado, próximas ao nível do solo, com 0,15 m de diâmetro cada, e 3 saídas de ar de 0,1 m de diâmetro, uma no centro da parte superior e duas no lado oposto às entradas de ar.

A Figura 22 ilustra a composição do sistema de armazenamento em ambiente resfriado, com o *cocoon*, que envolveu a pilha de café, as entradas e as saídas de ar.

Figura 22 – Esquema da composição do sistema de armazenamento em ambiente resfriado.

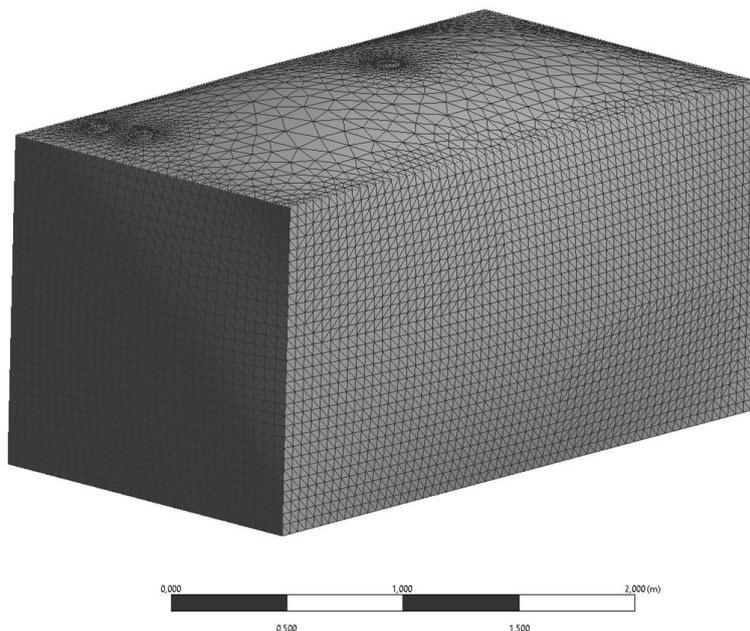


Fonte: Do autor (2020).

Ressalta-se que para o sistema de armazenamento em ambiente natural, a composição consistiu apenas da pilha de café, sem envolvimento por *cocoon*.

A malha utilizada na geometria do sistema de armazenamento em ambiente resfriado, que consiste da pilha de café envolvida pelo *cocoon*, foi do tipo tetraédrica, possuindo 75.453 nós e 122.170 elementos. A Figura 23 a seguir apresenta a malha utilizada para simulação.

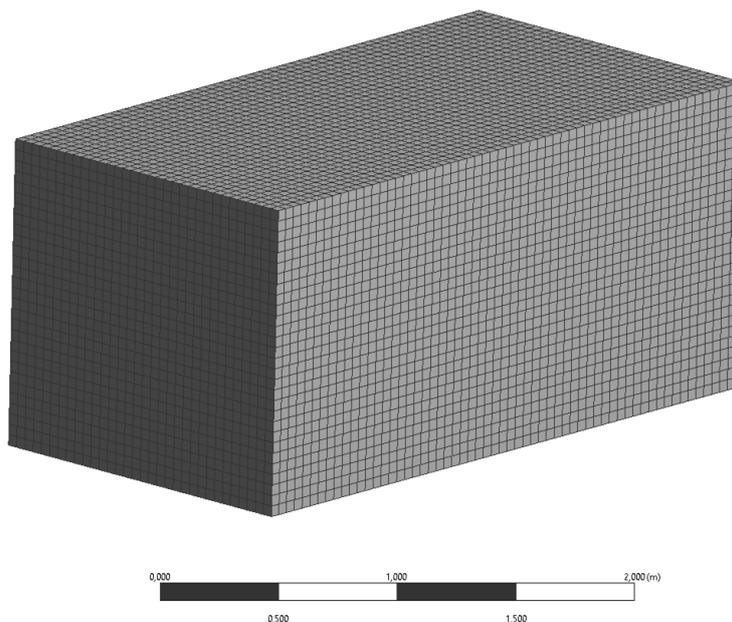
Figura 23 – Malha aplicada à geometria do *cocoon* que envolveu a pilha de café no armazenamento resfriado.



Fonte: Do autor (2020).

A Figura 24 a seguir apresenta a malha aplicada apenas à geometria da pilha de café, utilizada para o armazenamento em ambiente natural. A malha utilizada neste caso é do tipo hexaédrica e possui 49.383 nós e 45.240 elementos.

Figura 24 – Malha aplicada à geometria da pilha de café armazenado.



Fonte: Do autor (2020).

3.2.2. Equações do modelo

O modelo assume as seguintes hipóteses de trabalho: estado transiente (sistema dinâmico no tempo), fluxo tridimensional, isotérmico. Como condição de contorno, considerou-se condição de não deslizamento em fronteiras com superfícies sólidas.

A equação de conservação do momento é dada pela Equação 7.

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho \vec{v}) + \nabla \cdot (\rho \vec{v} \vec{v}) = -\nabla p + \nabla \cdot (\bar{\bar{t}}) + \rho \vec{g} \quad (7)$$

onde ρ é a densidade (kg.m^{-3}); p é a pressão estática (Pa); $\bar{\bar{t}}$ é o tensor tensão (Pa); \vec{g} é a força gravitacional (m.s^{-2}).

Para a dissipação de energia ε , tem-se a Equação 8.

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho \varepsilon) + \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho \varepsilon u_i) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon} \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} \right] + C_{1\varepsilon} \frac{\varepsilon}{k} 2\mu_t E_{ij} E_{ij} - C_{2\varepsilon} \rho \frac{\varepsilon^2}{k} \quad (8)$$

onde u_i é o componente da velocidade na direção correspondente (m.s^{-1}); E_{ij} é o componente da taxa de deformação (adimensional); μ_t é a viscosidade turbulenta ($\text{m}^2.\text{s}$): $\mu_t = \rho C_\mu \frac{k^2}{\varepsilon}$; e as seguintes constantes: $C_\mu = 0,09$; $\sigma_k = 1$; $\sigma_\varepsilon = 1,30$; $C_{1\varepsilon} = 1,44$; $C_{2\varepsilon} = 1,92$.

A energia que rege o modelo é dada pela Equação 9.

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho E) + \nabla \cdot (\vec{v}(\rho E + p)) = \nabla \cdot (k_{eff} \nabla T) + S_h \quad (9)$$

onde E é a energia (J); T é a temperatura ($^\circ\text{C}$); k_{eff} é a condutividade térmica efetiva ($\text{W.m}^{-1}.\text{C}^{-1}$); S_h é o termo da fonte de calor (W.m^{-3}).

3.2.3. Parâmetros da simulação

O computador utilizado para as simulações numéricas possui um processador Ryzen 5 3600 operando a 4,2 GHz, 16 GB de memória ram com frequência de 2666 MHz, sistema operacional Windows 10 de 64 bits, versão 2004.

O software utilizado para a simulação dos sistemas de armazenamento foi o ANSYS *Fluent* versão 20.1 (estudantil), um software interno ao ANSYS *Workbench*. Ele utiliza a geometria e malha escolhida previamente para representar o sistema físico.

Para as simulações, foram utilizados 12 processos paralelos. O modelo k- ϵ foi utilizado para a predição da turbulência (*standard* k- ϵ). Na simulação do armazenamento em ambiente resfriado, o ar entra no sistema pelas duas entradas com velocidade de $13,0 \text{ m.s}^{-1}$, conforme medido por meio de anemômetro no sistema real, e com temperatura de $11,8 \text{ }^\circ\text{C}$, medido por meio de termopar.

Durante o armazenamento em ambiente resfriado real, o sistema de resfriamento desligou durante algumas vezes, quando seu sensor atingia determinada temperatura. Para aproximar a simulação da operação real, foram definidos os tempos onde ocorreram os desligamentos e ligamentos do sistema de resfriamento, e estes foram inseridos manualmente na simulação. Para isso, utilizou-se uma função definida pelo usuário (“*udf*”: *user defined function*), que mantinha a velocidade de entrada do ar em $13,0 \text{ m.s}^{-1}$ enquanto o sistema de resfriamento estivesse ligado, e zerava seu valor (0 m.s^{-1}) nos períodos em que permaneceu desligado, voltando a 13 m.s^{-1} assim que o sistema de resfriamento voltasse a operar.

Como condição de contorno, utilizou-se para a temperatura exterior ao *cocoon* os valores obtidos por um sensor localizado na parte externa ao sistema, que obteve os dados com a mesma frequência dos sensores internos (a cada 1800 segundos). No caso do armazenamento em ambiente natural, esses valores de temperatura externa foram utilizados para as paredes da pilha de café.

Para utilizar estes dados de temperatura, que variam a cada 1800 segundos, também se utilizou uma *udf*, que retorna ao modelo a temperatura externa para cada período. As funções definidas pelo usuário utilizadas no modelo de simulação se encontram no Apêndice A.

A temperatura inicial do sistema de armazenamento resfriado foi definida como $26,4 \text{ }^\circ\text{C}$, que consiste da média da primeira leitura de temperatura de todos os sensores no início do armazenamento. Para o armazenamento natural, a temperatura inicial da pilha de café foi definida como $27,5 \text{ }^\circ\text{C}$, utilizando o mesmo critério.

Para a pilha de café em ambos sistemas de armazenamento, utilizou-se as propriedades físicas e térmicas obtidas pelas análises das amostras iniciais, enquanto que o volume restante dentro do *cocoon* (armazenamento resfriado) foi considerado como ar, utilizando-se as propriedades padrão para o ar do próprio software.

Ao todo, para cada sistema, foram simulados 8.516 passos, com intervalo de 1800 segundos (0,5 horas) entre si, totalizando 15.328.800 segundos, ou aproximadamente 177 dias de armazenamento.

Na Tabela 1 são apresentadas as informações consolidadas para as propriedades utilizadas para o café e os dados de entrada considerados pelo modelo nas simulações.

Tabela 1 – Propriedades utilizadas para o café e dados de entrada para o modelo.

Propriedades e dados de entrada	Valor utilizado
Massa específica aparente	678,07 (kg.m ⁻³)
Calor específico	1,405 (kJ.kg ⁻¹ .°C ⁻¹)
Condutividade térmica	0,111 (W.m ⁻¹ .°C ⁻¹)
Temperatura inicial (amb. resfriado)	26,4 (°C)
Temperatura inicial (amb. natural)	27,5 (°C)
Velocidade de entrada do ar	13,0 (m.s ⁻¹)
Temperatura do ar de entrada	11,8 (°C)

Fonte: Do autor (2020).

3.2.4. Comparação entre simulação e situação real

Para avaliação da qualidade dos modelos em representar os sistemas reais, foi determinado o erro relativo médio para cada ponto de coleta de temperatura, para cada sistema (ambiente resfriado e natural), que pode ser estimado por meio da Equação 10.

$$P = \frac{100}{n} \cdot \sum \frac{|Y - \hat{Y}|}{Y} \quad (10)$$

onde P é o erro relativo médio (%); n é o número de observações; Y é o valor experimental observado em determinado ponto; \hat{Y} é o valor obtido pelo modelo no mesmo ponto.

Calculou-se então a média geral entre estes erros para cada sistema de armazenamento.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Propriedades físicas

As propriedades físicas foram determinadas para a amostra inicial de café, que é comum aos dois métodos de armazenamento, e no final, apenas para o café armazenado em ambiente resfriado. Foram tratadas apenas como amostra inicial e final, respectivamente.

4.1.1 Teor de água

O teor de água (% bu) obtido para as amostras no início e final do armazenamento é apresentado na Tabela 2 a seguir.

Tabela 2 – Teor de água (% bu) obtido para as amostras no início e término do período de armazenamento em ambiente resfriado.

Amostra	Teor de água (% bu)
Inicial	10,08
Final	10,67

Fonte: Do autor (2020).

Houve um aumento no teor de água (em porcentagem) de aproximadamente 5,85% entre as amostras, o que corresponde a aproximadamente 0,6 (% bu). O aumento do teor de água está relacionado às condições ambientes às quais o café ficou submetido durante o armazenamento.

4.1.2 Massa específica aparente

A massa específica aparente obtida para as amostras é apresentada na Tabela 3.

Tabela 3 – Massa específica aparente (kg.m^{-3}) das amostras obtidas no início e término do período de armazenamento em ambiente resfriado.

Amostra	Massa específica aparente (kg.m^{-3})
Inicial	678,07
Final	673,11

Fonte: Do autor (2020).

A redução no valor de massa específica entre as amostras inicial e final foi de aproximadamente 0,73%.

4.1.3 Colorimetria

As coordenadas colorimétricas médias para cada amostra, assim como a diferença total de cor (ΔE) entre elas, são apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4 – Coordenadas colorimétricas obtidas para as amostras obtidas no início e término do período de armazenamento em ambiente resfriado, e valor da diferença total de cor entre elas.

Amostra	Coordenadas colorimétricas			Diferença total de cor (ΔE)
	a	b	L	
Inicial	+2,07	+15,66	43,94	1,86
Final	+2,55	+14,13	44,88	

Fonte: Do autor (2020).

O aumento no parâmetro “a”, de +2,07 para +2,55 indica que houve um aumento da cor vermelha entre as amostras final e inicial. Para o parâmetro “b”, a redução de +15,66 para +14,13 indica que houve um aumento da cor azul. Por fim, para o parâmetro “L” de luminosidade, o aumento de 43,94 para 44,88 indica que a amostra está ligeiramente mais clara, sugerindo que ocorreu um branqueamento do produto armazenado.

O valor da diferença total de cor de 1,86 após 6 meses de armazenamento é condizente com a literatura, como em Afonso Júnior e Corrêa (2003), que após também 6 meses de armazenamento de café, obteve-se um valor de aproximadamente 2,0 para a diferença total de cor.

O branqueamento e mudança de cor, cuja intensidade de ocorrência se dá em função das condições de armazenamento, pode indicar perda da qualidade inicial dos grãos, e faz também com que o produto perca sua qualidade comercial (CORADI; BORÉM; OLIVEIRA, 2008).

4.2 Propriedades térmicas

Assim como nas propriedades físicas, as propriedades térmicas foram determinadas para a amostra inicial de café e para o café armazenado em ambiente resfriado. Foram também tratadas apenas como amostra inicial e final, respectivamente.

4.2.1 Calor específico

O calor específico obtido para as amostras inicial e final é apresentado na Tabela 5.

Tabela 5 – Calor específico ($\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot^{\circ}\text{C}^{-1}$) obtido para as amostras no início e término do período de armazenamento em ambiente resfriado.

Amostra	Calor específico ($\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot^{\circ}\text{C}^{-1}$)
Inicial	1,405
Final	1,526

Fonte: Do autor (2020).

Ocorreu um aumento de aproximadamente 8,6% no valor de calor específico entre o início e término do armazenamento resfriado. Esse aumento pode ser explicado pelo aumento também ocorrido no teor de água no produto, conforme Borém et al. (2002), que determinaram propriedades térmicas de cinco variedades de café, observando que o aumento no teor de água leva ao aumento do calor específico do grão.

4.2.2 Condutividade térmica

Os valores de condutividade térmica para as amostras são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 – Condutividade térmica ($\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot^{\circ}\text{C}^{-1}$) obtida para as amostras no início e término do período de armazenamento em ambiente resfriado.

Amostra	Condutividade térmica ($\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot^{\circ}\text{C}^{-1}$)
Inicial	0,111
Final	0,112

Fonte: Do autor (2020).

Constatou-se um aumento de 0,9% no valor de condutividade térmica entre as amostras no início e final do período de armazenamento.

4.2.3 Difusividade térmica

Os resultados para difusividade térmica, obtida a partir dos valores de massa específica aparente, calor específico e condutividade térmica, são apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 – Difusividade térmica ($m^2.s^{-1}$) obtida para as amostras no início e término do período de armazenamento em ambiente resfriado.

Amostra	Difusividade térmica ($m^2.s^{-1}$)
Inicial	$1,1689.10^{-4}$
Final	$1,0901.10^{-4}$

Fonte: Do autor (2020).

Observou-se uma diminuição de aproximadamente 6,7% entre as amostras do fim e início do armazenamento. O aumento do teor de água pode proporcionar a diminuição da difusividade térmica, conforme Borém et al. (2002).

4.3 Comparação das propriedades físicas e térmicas

Abaixo, são apresentadas na Tabela 8 as propriedades físicas e térmicas obtidas experimentalmente para as amostras inicial e final. É feita a comparação entre os valores obtidos experimentalmente por meio do teste de Tukey (TUKEY, 1953).

Tabela 8 – Propriedades físicas e térmicas médias obtidas para as amostras iniciais e finais.

Propriedade	Amostra inicial	Amostra final
Teor de água (% bu)	10,08 a	10,67 b
Massa específica aparente ($kg.m^{-3}$)	678,07 a	673,11 a
Calor específico ($kJ.kg^{-1}.^{\circ}C^{-1}$)	1,405 a	1,526 b
Condutividade térmica ($W.m^{-1}.^{\circ}C^{-1}$)	0,111 a	0,112 a
Difusividade térmica ($m^2.s^{-1}$)	$1,1689.10^{-4}$	$1,0901.10^{-4}$

* Valores de médias seguidos da mesma letra não diferem estatisticamente entre si (entre colunas) pelo teste de Tukey com 5% de probabilidade ($p < 0,05$).

Fonte: Do autor (2020).

Ressalta-se que o teste de Tukey não foi aplicado para a difusividade térmica por se tratar de uma propriedade obtida a partir dos resultados de outras propriedades, não havendo repetições na sua determinação, o que impossibilita a análise de diferenciação estatística.

4.4 Análise Sensorial

Foram submetidas à análise sensorial a amostra inicial de café, assim como as amostras ao término do armazenamento, tanto em ambiente resfriado como em ambiente natural. As notas médias obtidas são apresentadas na Tabela 9.

Tabela 9 – Nota média obtida pelo método de avaliação sensorial da SCA para as amostras inicial e final, nos dois sistemas de armazenamento.

Amostra	Nota média obtida
Inicial	78,0
Final – Armazenamento Resfriado	77,0
Final – Armazenamento Natural	77,0

Fonte: Do autor (2020).

Percebe-se que houve uma queda de qualidade de 1,0 ponto para ambos os sistemas ao término do armazenamento, permanecendo com qualidade comparável entre si. Isso pode indicar que o armazenamento resfriado, especificamente para o tipo de café utilizado e com sua qualidade inicial, não leva a uma melhor manutenção da sua qualidade do que se obteria ao armazenar apenas em ambiente natural.

4.5 Simulação numérica

Para a simulação de cada sistema (ambiente resfriado e natural), foi obtida a média geral dos erros relativos médios. Os resultados são apresentados na Tabela 10.

Tabela 10 – Média geral dos erros relativos médios obtida para cada sistema de armazenamento.

Sistema de armazenamento	Média geral dos erros relativos médios (%)
Ambiente Resfriado	5,74
Ambiente Natural	2,34

Fonte: Do autor (2020).

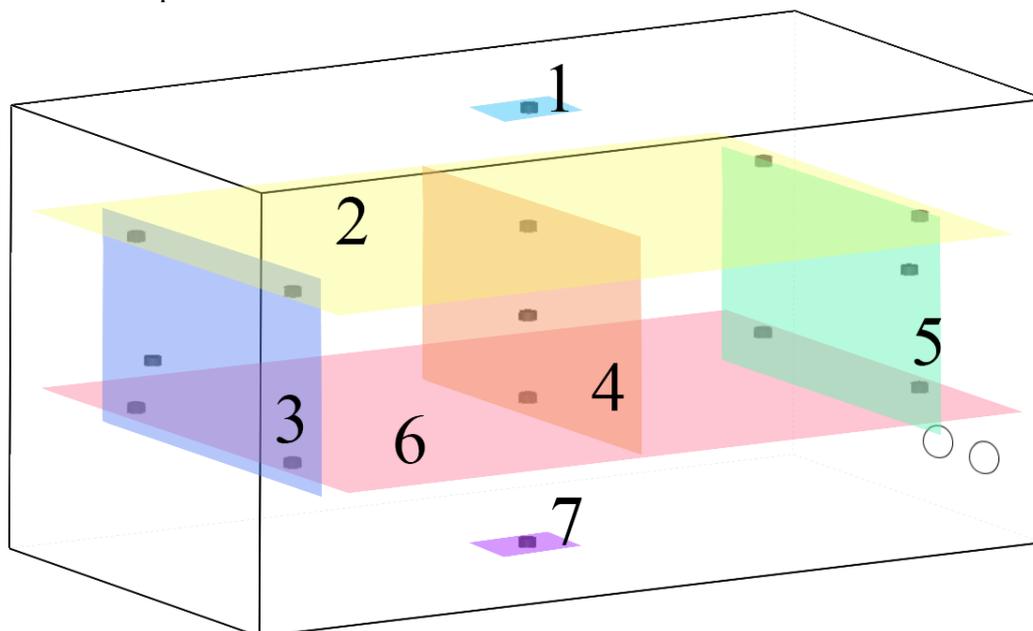
Observou-se valores para a média geral dos erros relativos médios de 5,74% para a simulação do armazenamento em ambiente resfriado, e de 2,34% para a simulação do armazenamento em ambiente natural. O valor maior de erro para o ambiente resfriado em comparação ao ambiente natural pode ser explicado pela maior complexidade do sistema como um todo. De acordo com (MOHAPATRA; RAO, 2005), desvios de até 10% entre os valores reais e os valores obtidos da curva estimada pelo modelo são considerados satisfatórios e indicam que o modelo pode ser utilizado para representar a situação real.

Para a simulação do armazenamento em ambiente natural, o erro encontrado para a distribuição de temperatura é consistente com o encontrado na literatura, conforme (ANDRADE et al., 2004), com um erro estimado médio de 2,6% para a simulação do armazenamento de milho em silo metálico. Zhang et al. (2016) encontraram um erro estimado médio de aproximadamente 4,0% para a simulação do armazenamento de trigo.

A literatura sobre simulação da distribuição de temperatura no armazenamento em ambiente resfriado de produtos agrícolas é limitada, e os trabalhos que evidenciam os erros em porcentagem obtidos pelo modelo são mais restritos ainda. Han et al. (2019) simularam o armazenamento resfriado de maçãs em pequena escala e obtiveram um erro relativo médio para a distribuição de temperatura de 4,9% para uma simulação com o mesmo modelo de turbulência utilizado (*standard k-ε*). Akdemir e Bartzanas (2015) simularam o armazenamento resfriado também de maçãs, obtendo um erro de 13% para a distribuição de temperatura no sistema.

De modo a apresentar o erro relativo médio para diferentes regiões dentro do *cocoon* (armazenamento resfriado), os pontos de coleta de temperatura foram divididos em regiões, em um total de 7, conforme apresentado na Figura 25. Nota-se que um mesmo ponto pode fazer parte de mais de uma região.

Figura 25 – Pontos de coleta divididos em diferentes regiões dentro do *cocoon* para comparação de temperatura.



Fonte: Do autor (2020).

Para cada uma das 7 regiões foi obtida a média dos erros relativos dos pontos que abrangem aquela região. Os resultados são apresentados na Tabela 11.

Tabela 11 – Média dos erros relativos médios para cada região dentro do *cocoon*.

Região dentro do <i>cocoon</i>	Média dos erros relativos médios (%)
1	8,23
2	5,46
3	5,07
4	4,41
5	6,48
6	5,48
7	5,73

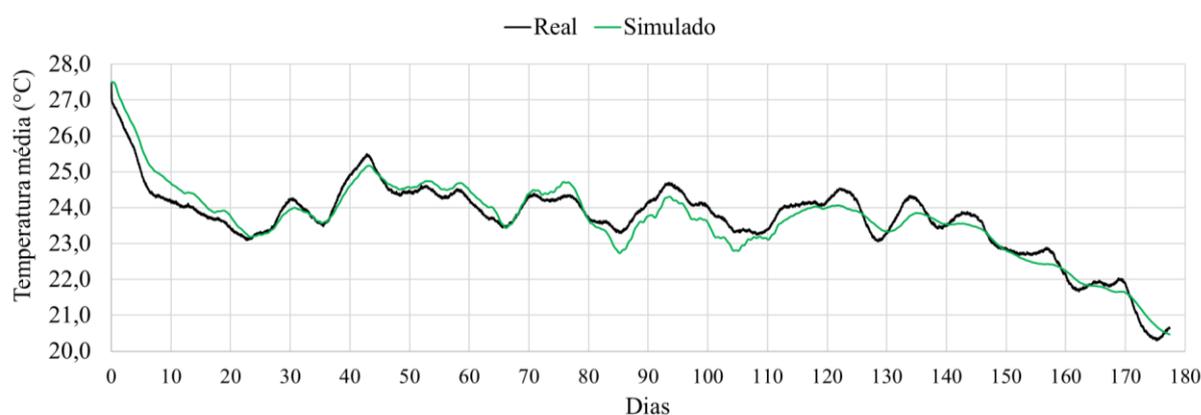
Fonte: Do autor (2020).

A região 1, que consiste do sensor no topo da pilha de café, obteve o erro relativo médio mais elevado (8,23%), o que pode ser explicado devido ao fato do sensor estar diretamente em contato com o ar resfriado que circulou no interior do sistema, e também por ser o mais exposto às variações de temperatura externa, o que aumenta a complexidade da simulação de sua distribuição de temperatura. A região 5 apresentou o segundo maior erro relativo médio geral

(6,48%), que pode ser explicado por ser a região mais próxima às entradas de ar resfriado e mais suscetível às alterações rápidas de temperatura. As outras regiões oscilaram em torno de 4,5 e 5,5%. Apesar das diferenças citadas, o resultado de simulação foi satisfatório, independentemente da localização do ponto na pilha.

A Figura 26 apresenta, para o armazenamento natural, a temperatura média geral obtida a partir de todos os sensores ao longo de todo o período de simulação, e também a temperatura média geral obtida pelo modelo para os mesmos pontos de coleta de dados.

Figura 26 – Temperatura média geral obtida experimentalmente e pelo modelo, ao longo do armazenamento em ambiente natural.

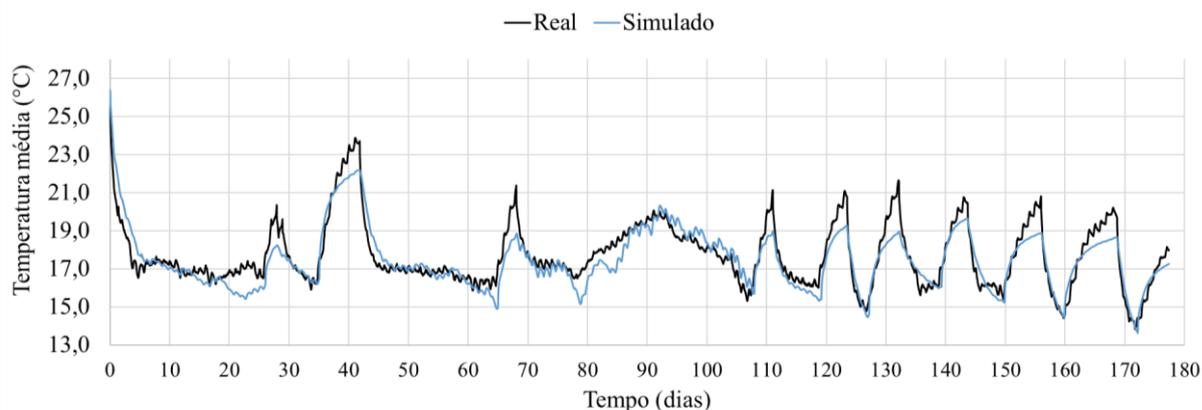


Fonte: Do autor (2020).

Analogamente, a Figura 27 a seguir apresenta, para o armazenamento resfriado, a temperatura média geral obtida a partir de todos os sensores ao longo do período de simulação, e também a temperatura média geral obtida pelo modelo para os mesmos pontos de coleta de dados.

Nota-se que a temperatura média dentro da pilha oscilou aproximadamente entre 15 e 21 °C ao longo da maior parte do período de armazenamento, apresentando um limite superior acima do valor que se pretendia, de 18 °C.

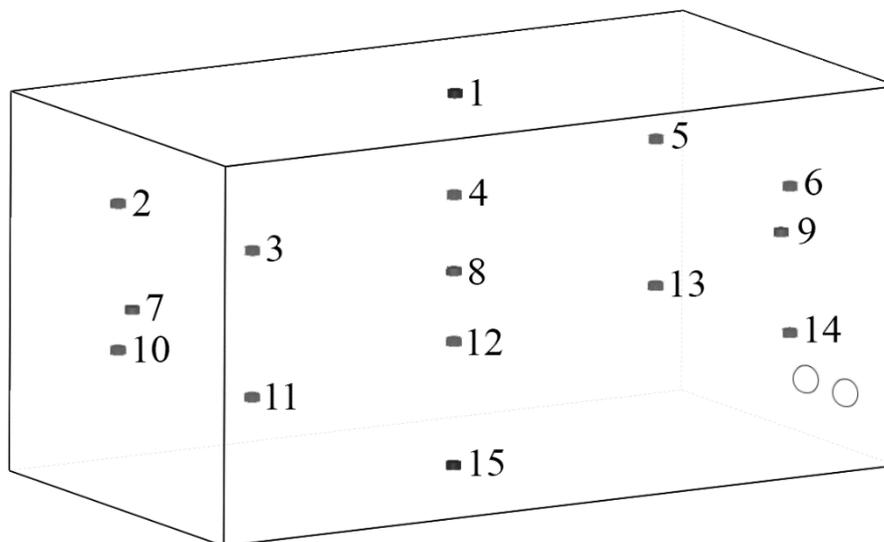
Figura 27 – Temperatura média geral obtida experimentalmente e pelo modelo, ao longo do armazenamento em ambiente resfriado.



Fonte: Do autor (2020).

Para apresentação do resultado individual para cada sensor na pilha de café em ambiente refrigerado, os sensores foram numerados de 1 a 15, conforme apresentado na Figura 28.

Figura 28 – Número associado a cada sensor de temperatura no armazenamento em ambiente resfriado.



Fonte: Do autor (2020).

A divisão dos sensores por altura na pilha se deu então na seguinte forma: topo - 1; superior - 2, 3, 4, 5 e 6; meio - 7, 8 e 9; inferior - 10, 11, 12, 13 e 14; fundo - 15. A Figura 29 apresenta, para cada um dos 15 pontos de coleta, a temperatura obtida experimentalmente e pelo modelo ao longo de todo o armazenamento resfriado e o erro relativo médio obtido.

Figura 29 – Temperatura obtida experimentalmente e pelo modelo ao longo do armazenamento resfriado e erro relativo médio (P) para cada ponto de coleta (Continua).

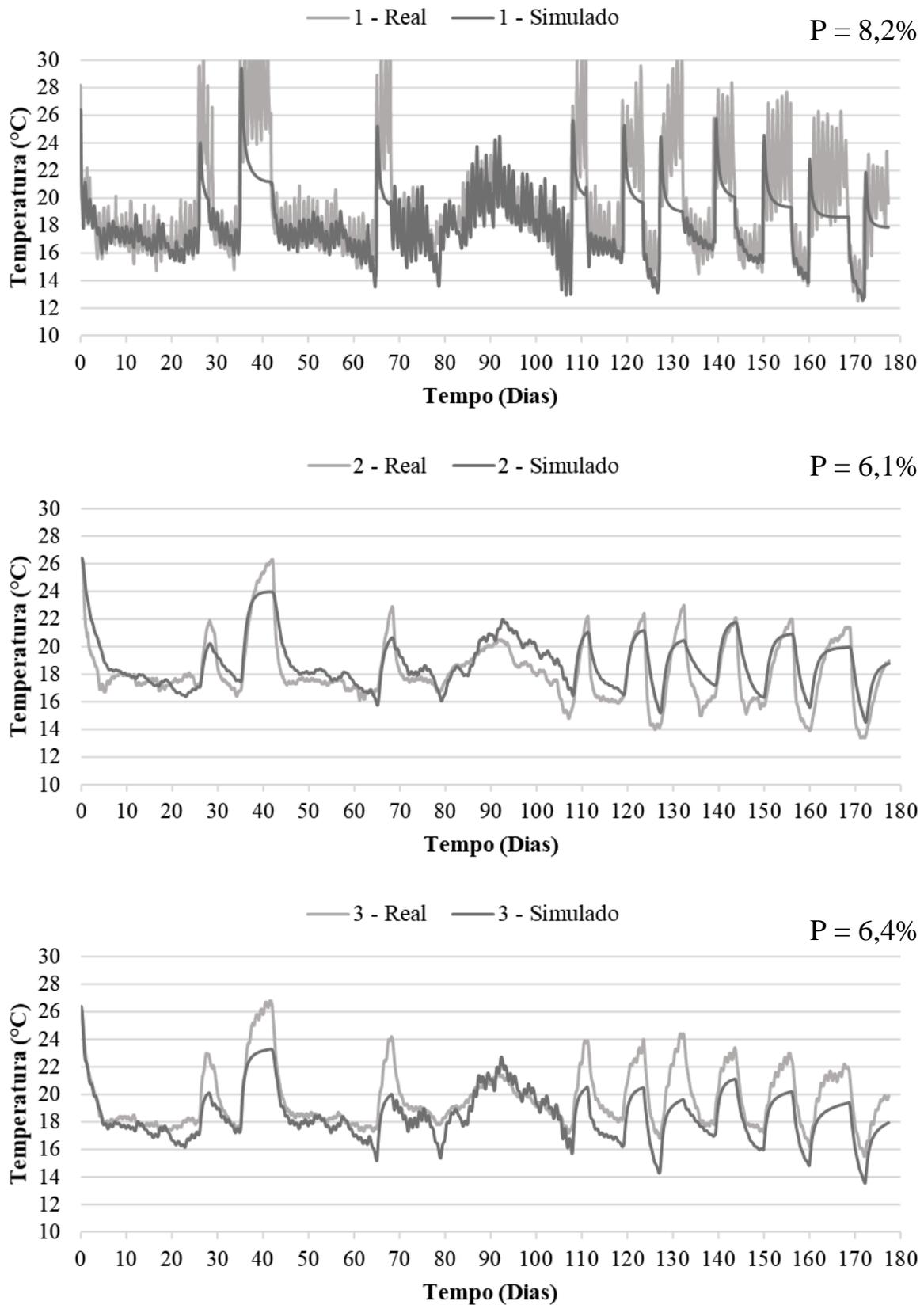


Figura 29 – Temperatura obtida experimentalmente e pelo modelo ao longo do armazenamento resfriado e erro relativo médio (P) para cada ponto de coleta (Continua).

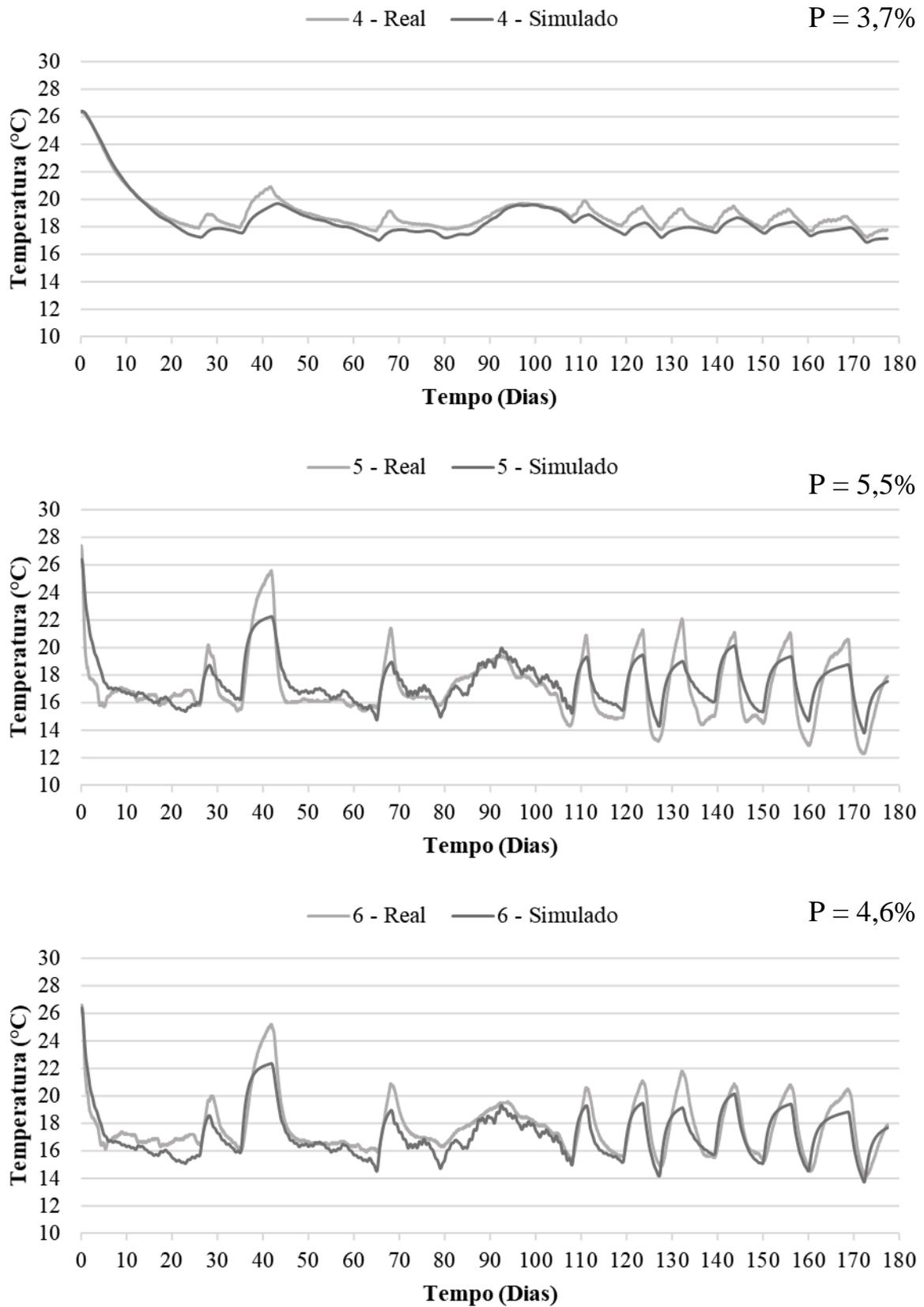


Figura 29 – Temperatura obtida experimentalmente e pelo modelo ao longo do armazenamento resfriado e erro relativo médio (P) para cada ponto de coleta (Continua).

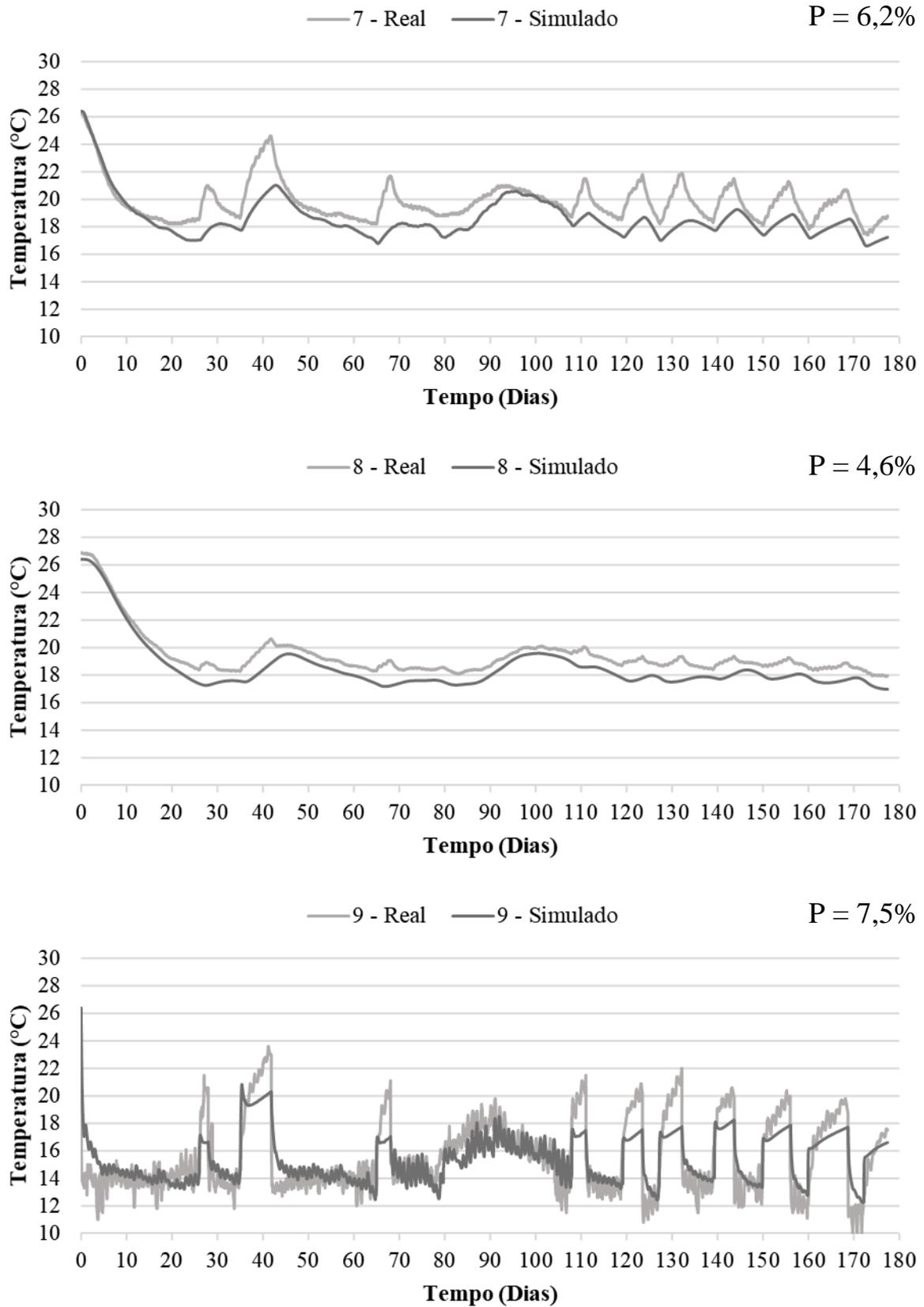


Figura 29 – Temperatura obtida experimentalmente e pelo modelo ao longo do armazenamento resfriado e erro relativo médio (P) para cada ponto de coleta (Continua).

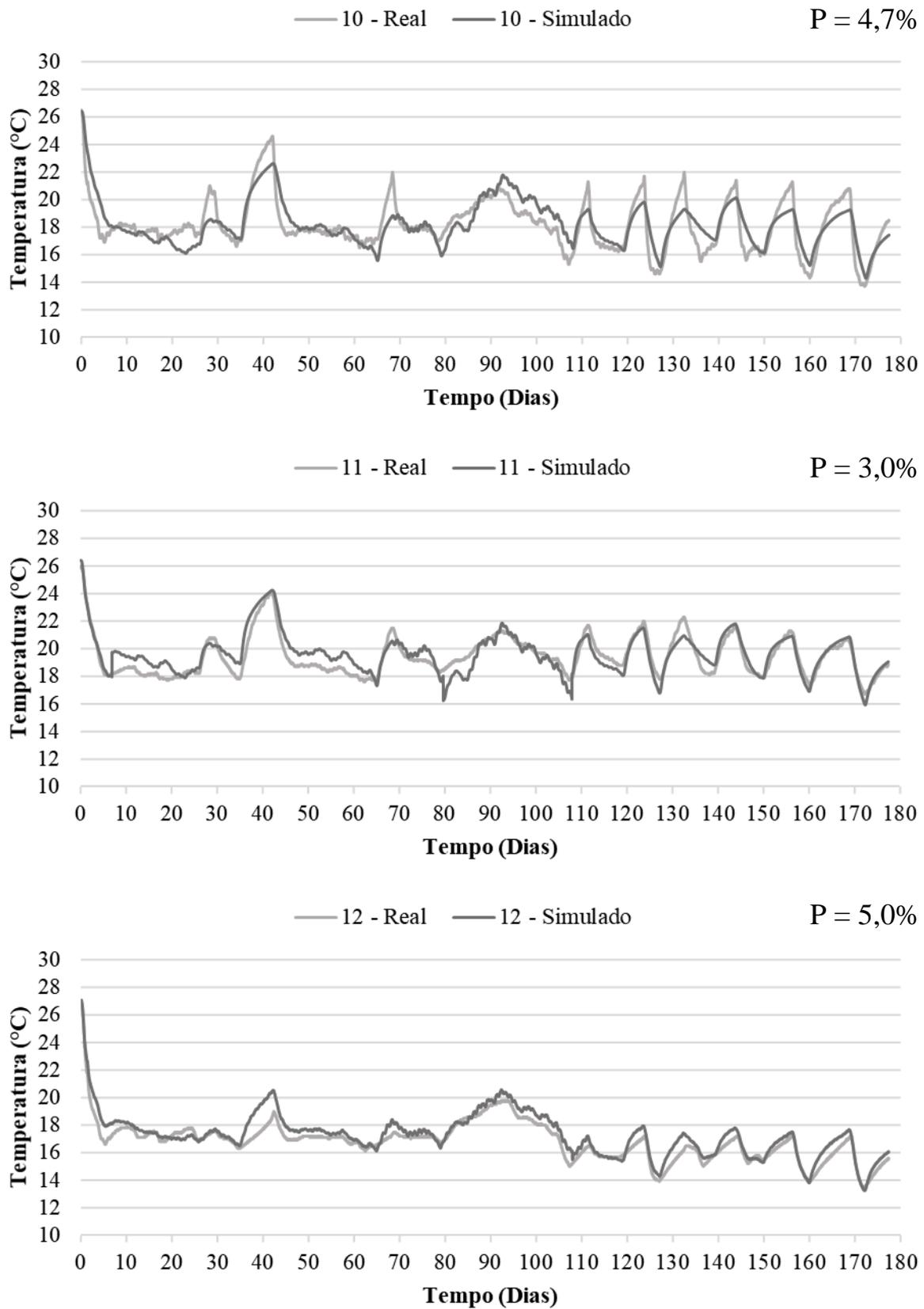
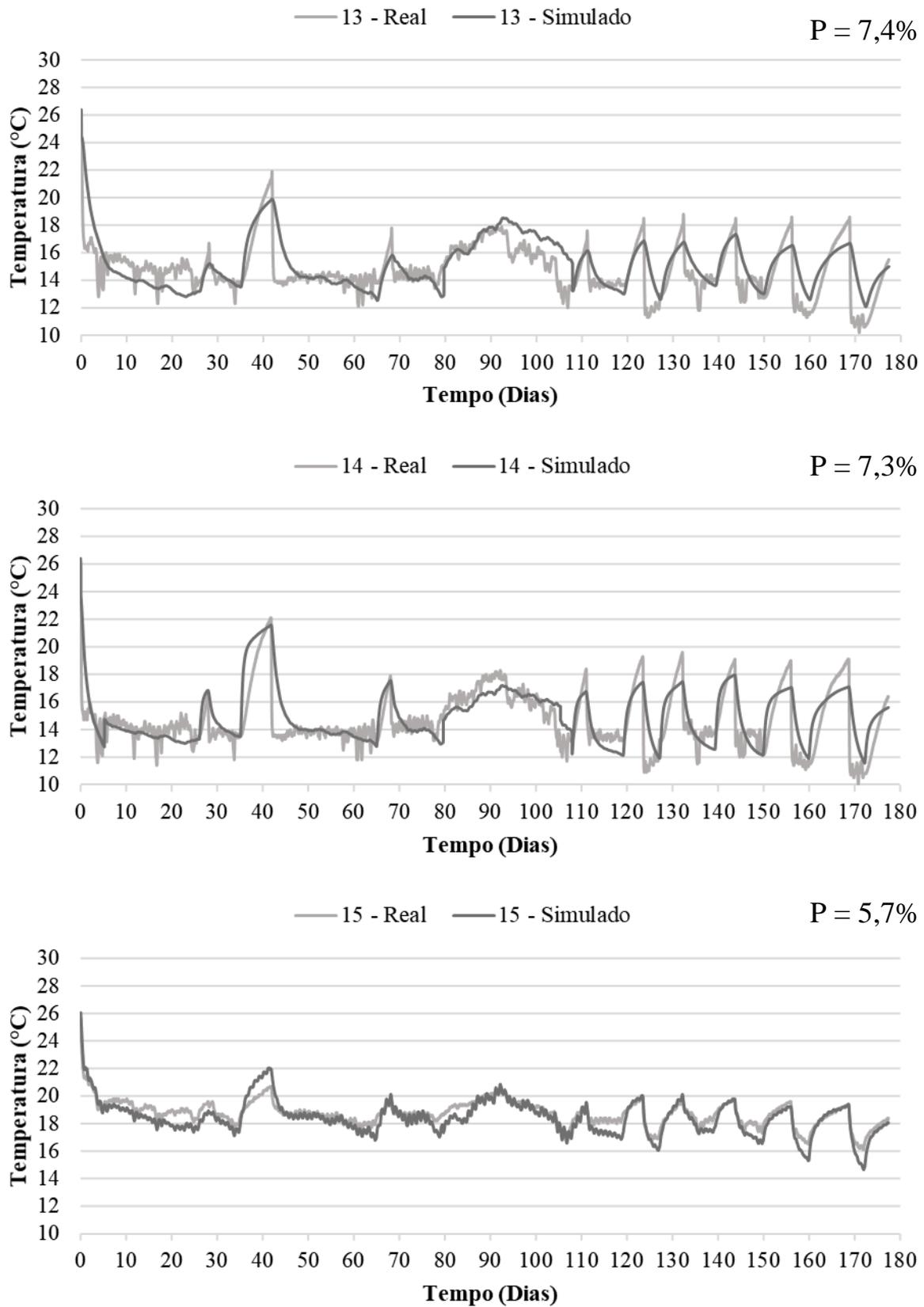


Figura 29 – Temperatura obtida experimentalmente e pelo modelo ao longo do armazenamento resfriado e erro relativo médio (P) para cada ponto de coleta (Conclusão).

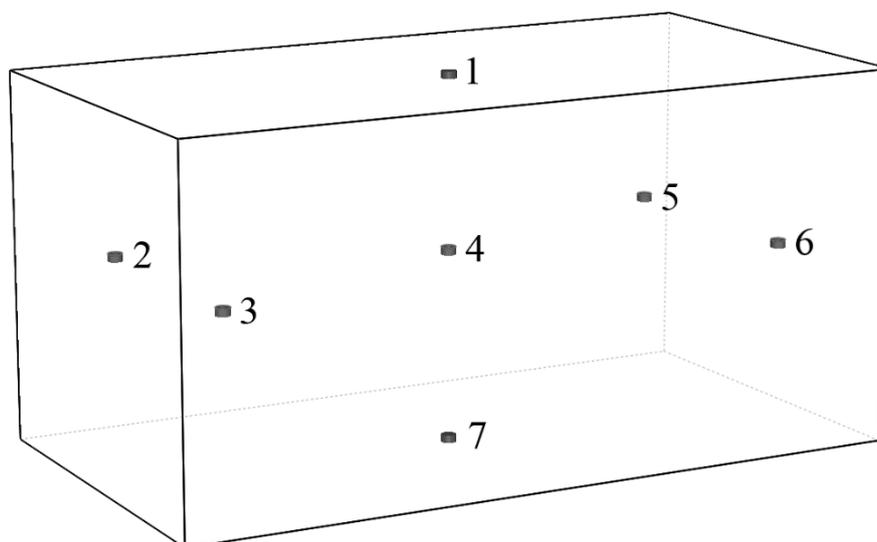


Fonte: Do autor (2020).

Os pontos que apresentaram maior erro relativo médio foram o “1” (8,2%), “9” (7,5%), “13” (7,4%) e “14” (7,3%). Tais valores mais elevados podem ser explicados assim como foi discutido sobre o erro relativo médio por região no *cocoon*. O ponto “1” foi o sensor no topo da pilha, mais exposto às alterações de temperatura externa e ao ar resfriado que circulou no sistema, e os pontos “9”, “13” e “14” foram os mais próximos das entradas de ar resfriado, sendo mais suscetíveis às alterações rápidas de temperatura causadas pelo ligamento e desligamento do equipamento de refrigeração. Os demais pontos apresentaram erro relativo médio entre 3,0 e 6,5%.

Para a apresentação do resultado individual para cada sensor na pilha de café em ambiente natural, os sensores foram numerados de 1 a 7, conforme apresentado na Figura 30.

Figura 30 – Número associado a cada sensor de temperatura no armazenamento em ambiente natural.



Fonte: Do autor (2020).

É importante ressaltar que o sensor “1” ficou acima da pilha de café durante todo o armazenamento, registrando os dados de temperatura ambiente local. Estes dados foram os utilizados como condição de contorno para ambos sistemas de armazenamento. Por isso, este ponto de coleta não foi simulado e comparado, e não entrou na determinação do erro relativo médio geral apresentado anteriormente.

A Figura 31 apresenta a temperatura obtida experimentalmente e pelo modelo ao longo de todo o armazenamento natural e o erro relativo médio para cada sensor na pilha de café.

Figura 31 – Temperatura obtida experimentalmente e pelo modelo ao longo do armazenamento natural e erro relativo médio (P) para cada ponto de coleta (Continua).

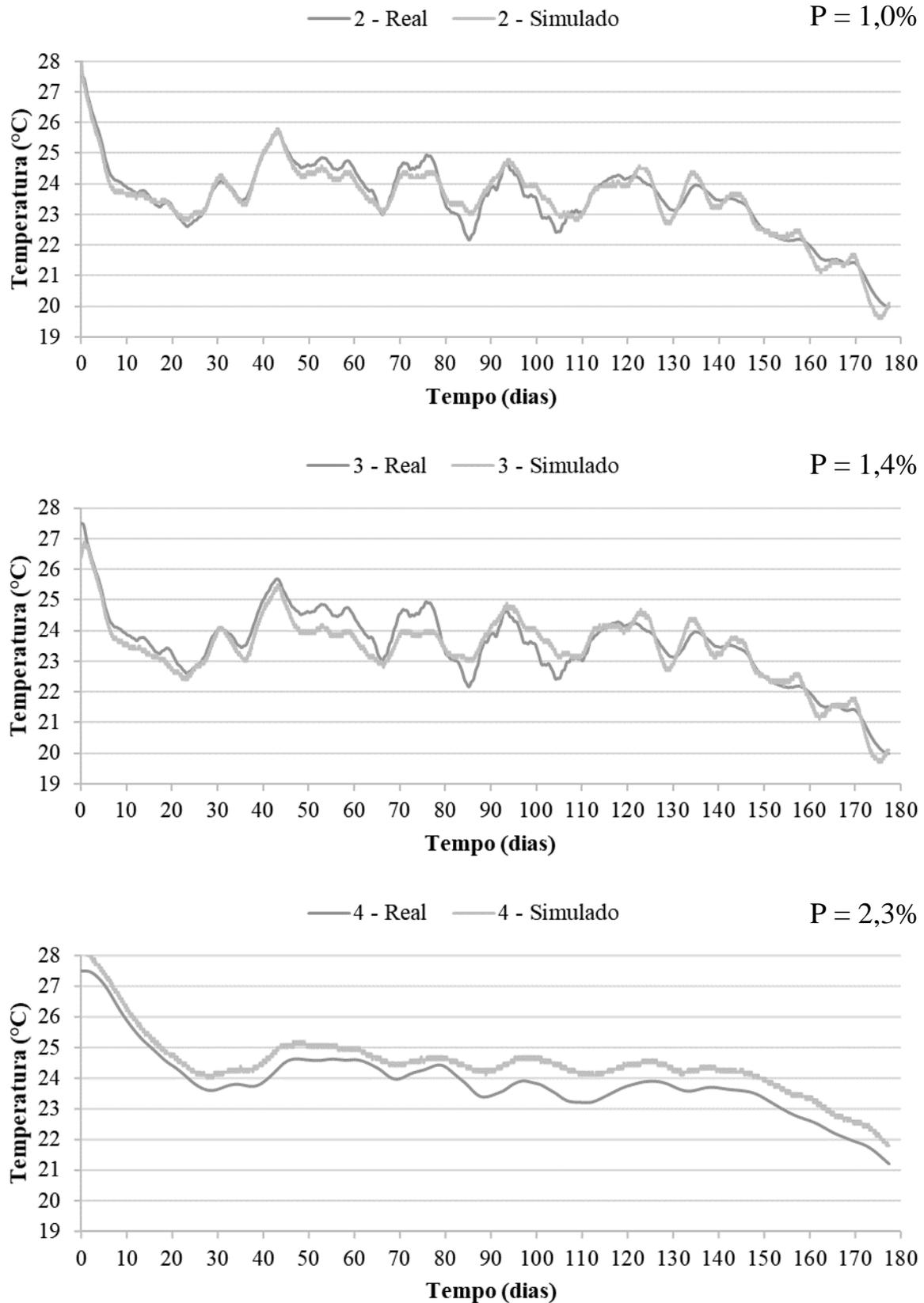
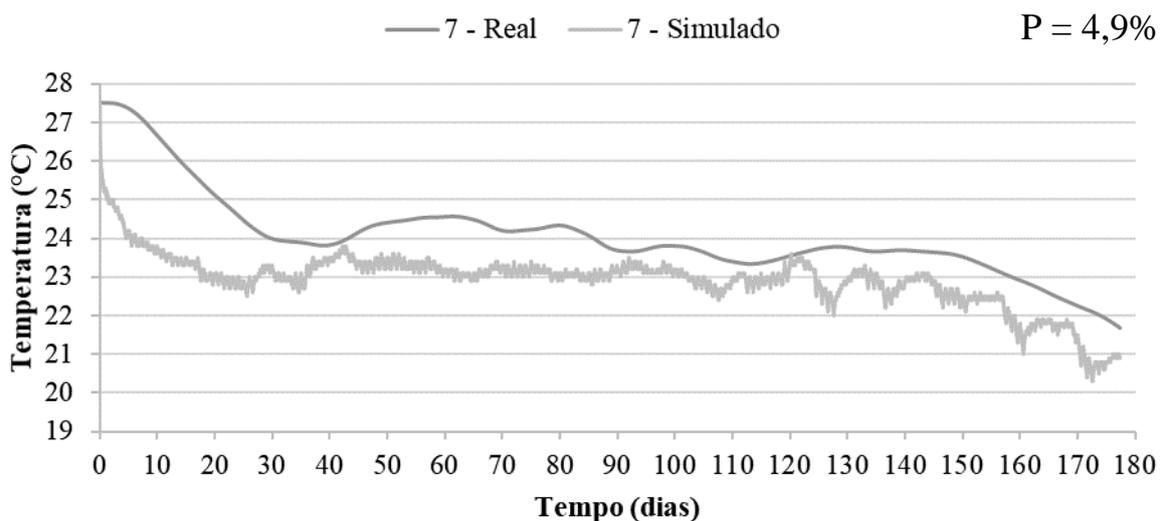
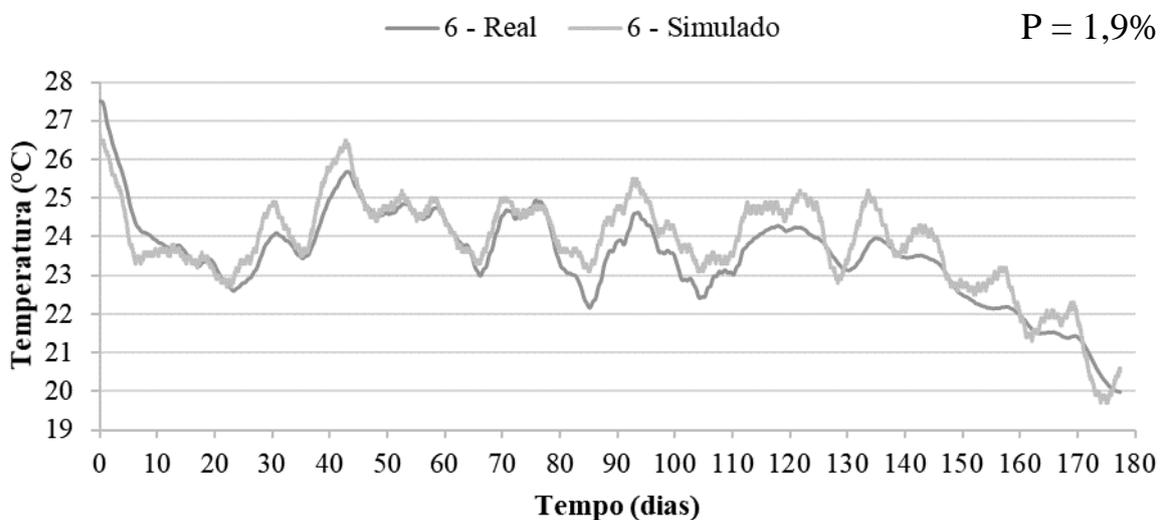
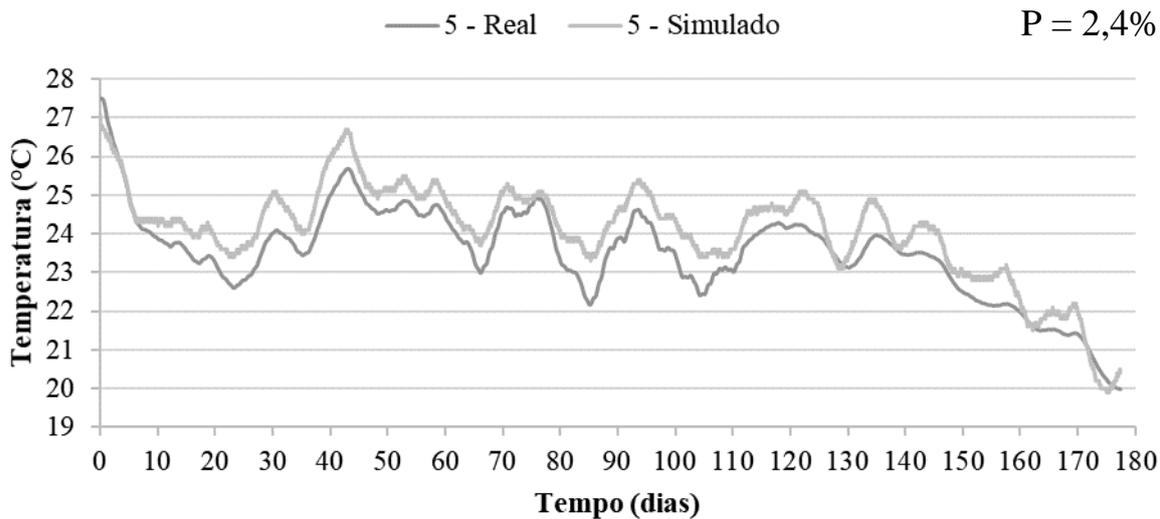


Figura 31 – Temperatura obtida experimentalmente e pelo modelo ao longo do armazenamento natural e erro relativo médio (P) para cada ponto de coleta (Conclusão).

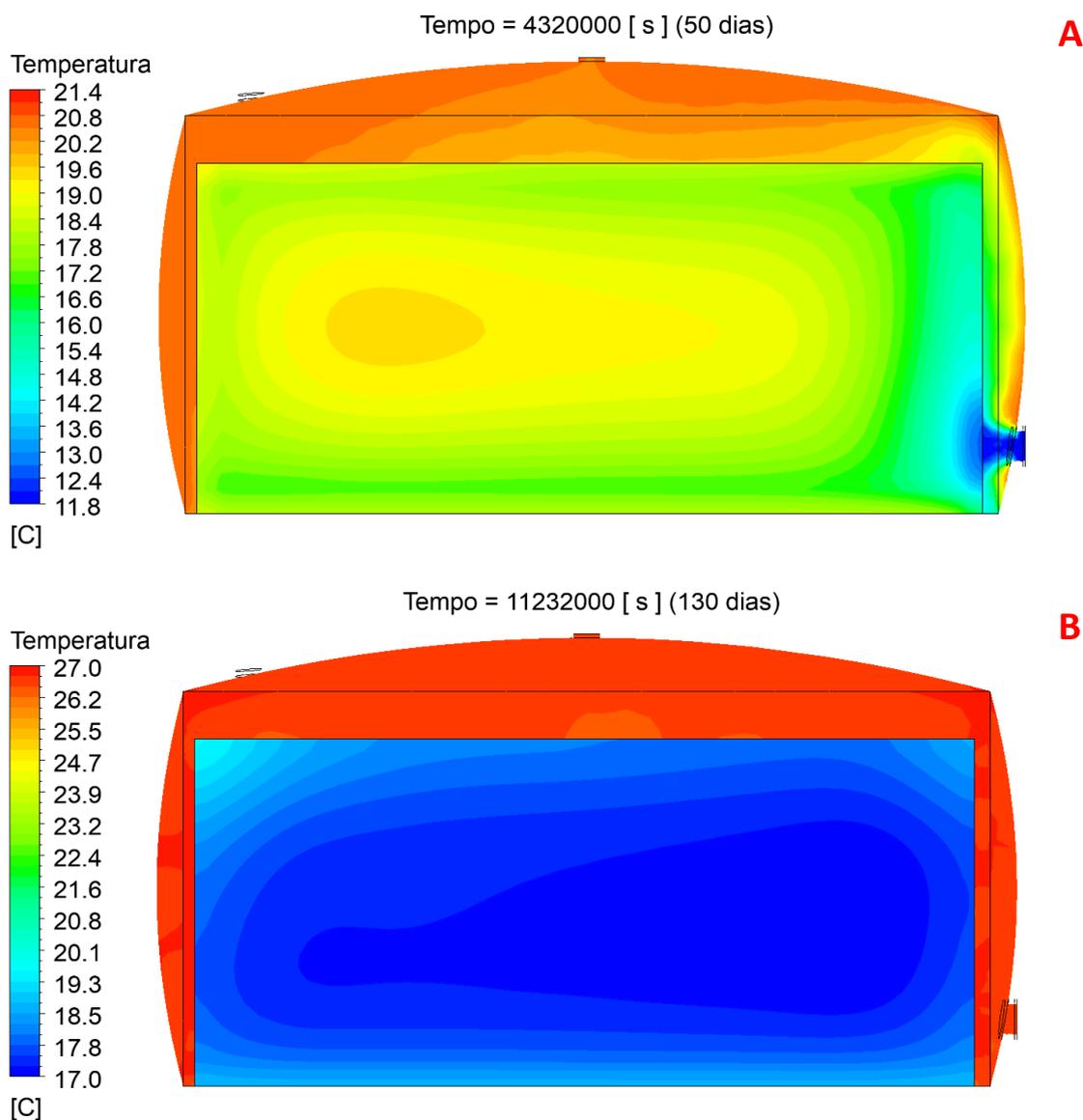


Fonte: Do autor (2020).

O ponto “7” apresentou erro relativo maior (4,9%), o que pode ser explicado devido à sua maior proximidade ao exterior da pilha de café. Os demais pontos apresentaram erro relativo médio entre 1,0 e 2,5%.

A Figura 32 a seguir apresenta exemplos da distribuição de temperatura por meio de um corte vertical no centro do sistema, para o armazenamento em ambiente resfriado. São apresentados os tempos 4.320.000 segundos (50 dias), um período em que o sistema de resfriamento estava ligado e inserindo ar frio no *cocoon*, e 11.232.000 segundos (130 dias), durante um período em que o sistema de resfriamento se encontrava desligado.

Figura 32 – Distribuição de temperatura interna da pilha de café e cocoon com 50 dias (A) e 130 dias (B) decorridos de armazenamento em ambiente resfriado.

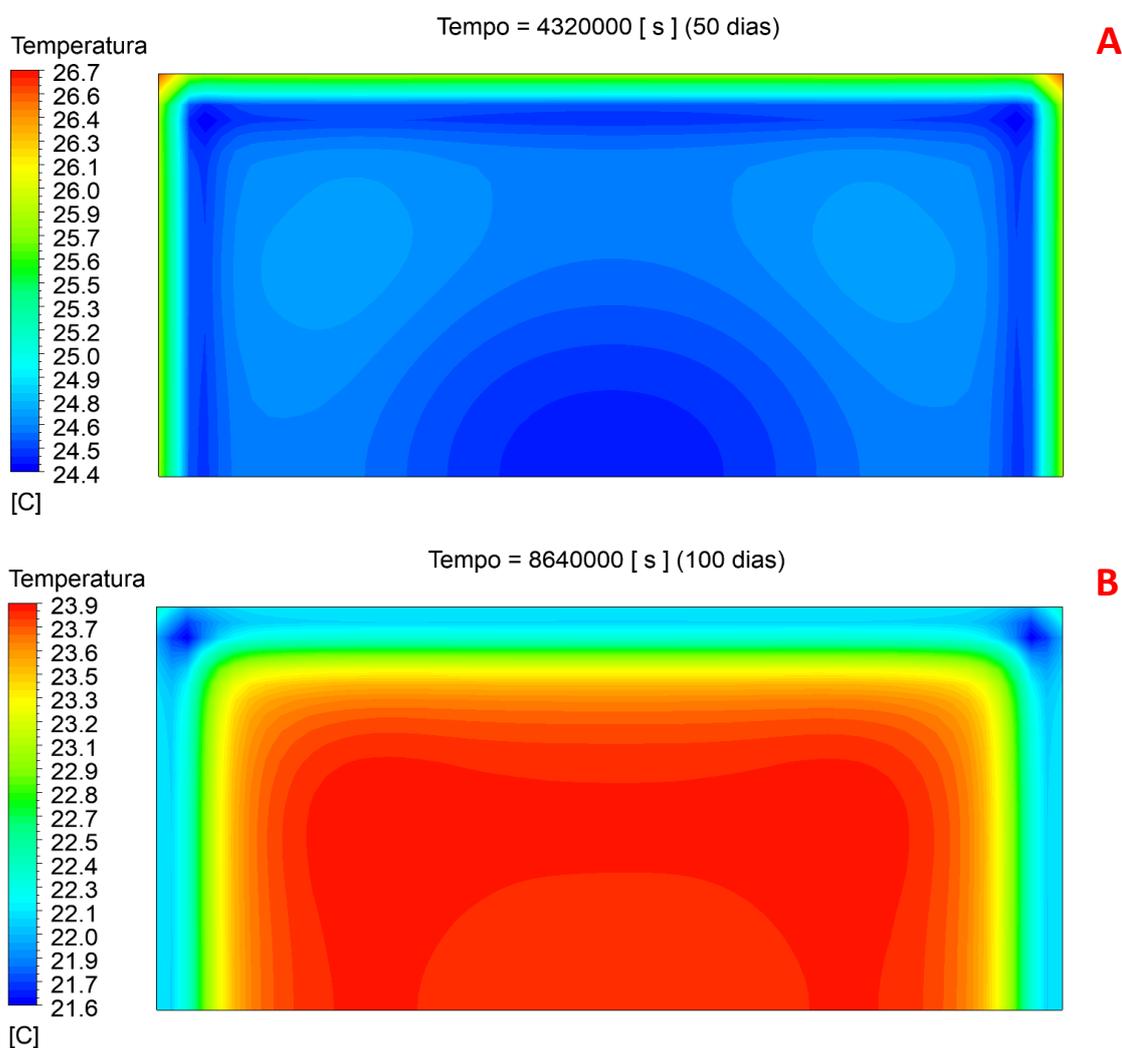


Fonte: Do autor (2020).

É possível notar a diferença de temperatura no interior da pilha de café e no ar ao seu redor quando o sistema está sendo resfriado e quando não está.

De maneira similar, a Figura 33 a seguir apresenta a distribuição de temperatura obtida pelo modelo nos tempos 4.320.000 segundos (50 dias) e 8.640.000 segundos (100 dias), por meio de um corte vertical no centro do sistema, para o armazenamento em ambiente natural. Neste caso, é possível ver as diferenças de temperatura no interior da pilha de café, que se mantém em contato com o ambiente externo a todo momento.

Figura 33 – Corte vertical da distribuição de temperatura interna na pilha de café com 50 dias (A) e 100 dias (B) decorridos de armazenamento em ambiente natural.



Fonte: Do autor (2020).

Nota-se que no tempo 4.320.000 segundos, a temperatura externa está maior que o interior da pilha de café, o que leva a camada externa de café a esquentar, enquanto que no tempo 8.640.000 segundos, a temperatura externa está menor que a interior, resfriando a

camada mais exterior. Isso ocorre pelo fato de a pilha estar sempre diretamente exposta ao ambiente, fazendo com que as camadas mais externas fiquem bem mais suscetíveis às alterações externas de temperatura.

5. CONCLUSÕES

Foi realizado o armazenamento de café moca durante 6 meses em dois sistemas de armazenamento: ambiente resfriado e ambiente natural.

A determinação de propriedades físicas e térmicas mostrou que houve mudanças significativas entre amostras do início e fim do período de armazenamento em ambiente resfriado para o teor de água e calor específico, propriedades que estão diretamente relacionadas. Para massa específica aparente, cor, condutividade térmica e difusividade térmica, não houve alterações significativas. Por meio de análise sensorial, constatou-se que a manutenção da qualidade do café utilizado, ao longo do armazenamento, foi a mesma para ambos sistemas de armazenamento.

Os resultados experimentais obtidos no ambiente resfriado mostraram que a composição utilizada para o armazenamento em ambiente resfriado não conseguiu manter a temperatura dentro do limite desejado (15 – 18 °C), mantendo a temperatura média entre aproximadamente 15 e 21 °C. É possível afirmar que o sistema utilizado não é adequado para o armazenamento em ambiente resfriado, porém ressalta-se que o produto (*cocoon*) não tem como objetivo o isolamento térmico do produto armazenado em seu interior, sendo utilizado neste trabalho como envoltório físico, de forma a limitar a passagem do ar resfriado pela pilha de sacas de grãos, e por esse motivo obteve-se um desempenho insatisfatório. Possíveis alternativas para melhorar a eficiência geral do sistema seriam a utilização de um envoltório específico para o isolamento térmico e também o reaproveitamento do ar resfriado que sai do *cocoon*, retornando para ser resfriado e inserido novamente, melhorando inclusive a eficiência energética do equipamento.

Os modelos computacionais utilizados para simular o funcionamento de cada sistema de armazenamento apresentaram erros relativos médios menores que 10% para ambos, o que indica que pode ser utilizada a simulação numérica (por meio da abordagem conjunta CFD-MEF) para prever o comportamento da distribuição de temperatura em pilhas de café armazenado, tanto em ambiente natural quanto em ambiente com injeção de ar resfriado. Isso implica que a situação real pode ser representada pelo modelo com um erro aceitável, e que quaisquer alternativas que se quisesse testar no sistema, haveria a possibilidade de serem testadas diretamente no modelo computacional, que daria uma boa representação sobre como a nova situação se comportaria, permitindo obter maior eficiência e custos reduzidos no processo de experimentação.

REFERÊNCIAS

ABREU, G. F. DE et al. Colour evaluation of coffee beans submitted to different processing methods and stored in cold environment. **VIII Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil**, p. 1–6, 2013.

AFONSO JÚNIOR, P. C.; CORRÊA, P. C. Influência do tempo de armazenagem na cor dos grãos de café pré-processados por “via seca” e “via úmida”. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 27, n. 6, p. 1268–1276, 2003.

AJANI, C. K.; ZHU, Z.; SUN, D. W. Recent advances in multiscale CFD modelling of cooling processes and systems for the agrifood industry. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 0, n. 0, p. 1–16, 2020.

AKDEMIR, S.; BARTZANAS, T. Tarım Bilimleri Dergisi Numerical Modelling and Experimental Validation of a Cold Store Ambient Factors. v. 21, p. 606–619, 2015.

ANDRADE, E. T. et al. Simulação tridimensional da distribuição de temperatura em milho armazenado em silo cilíndrico. **Revista Brasileira de Armazenamento**, v. 29, n. 1, p. 01–12, 2004.

AZMIR, J.; HOU, Q.; YU, A. CFD-DEM simulation of drying of food grains. **Powder Technology**, v. 343, p. 792–802, 2019.

BERGMAN, T. et al. **Fundamentals of Heat and Mass Transfer**. 7th. ed. New York: John Wiley & Sons, 2011.

BORÉM, F. M. et al. Propriedades térmicas de cinco variedades de café cereja descascado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, n. 3, p. 475–480, 2002.

BORÉM, F. M. et al. Avaliação sensorial do café cereja descascado, armazenado sob atmosfera artificial e convencional. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 6, p. 1724–1729, 2008.

BORÉM, F. M. et al. Evaluation of the sensory and color quality of coffee beans stored in hermetic packaging. **Journal of Stored Products Research**, v. 52, p. 1–6, 2013.

BORÉM, F. M. **Handbook of coffee post-harvest technology**. 1. ed. Norcross, Georgia: Gin Press, 2014.

BORÉM, F. M. et al. Sensory analysis and fatty acid profile of specialty coffees stored in different packages. **Journal of Food Science and Technology**, v. 56, n. 9, p. 4101–4109, 2019.

CARDOSO, D. B. et al. Determination of thermal properties of coffee beans at different degrees of roasting. **Coffee Science**, v. 13, n. 4, p. 498–509, 2018.

- CHANG, C. S. Thermal Conductivity of Wheat, Corn, and Grain Sorghum as Affected by Bulk Density and Moisture Content. **Transactions of the ASAE**, v. 29, n. 5, p. 1447–1450, 1986.
- CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira: café**. 1. ed. Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento, 2020. v. 1
- CORADI, P. C.; BORÉM, F. M.; OLIVEIRA, J. A. Qualidade do café natural e despulpado após diferentes tipos de secagem e armazenamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n. 2, p. 181–188, 2008.
- DEMITO, A. et al. Effects of refrigeration on biochemical, digestibility, and technological parameters of carioca beans during storage. **Journal of Food Biochemistry**, v. 43, n. 7, 1 jul. 2019.
- FERREIRA, M. D.; SPRICIGO, P. C. Colorimetria - princípios e aplicações na agricultura. In: **Instrumentação pós-colheita em frutas e hortaliças**. 1. ed. Brasília: Embrapa, 2017. p. 286.
- GAO, Y. et al. Changes of peel color and fruit quality in navel orange fruits under different storage methods. **Scientia Horticulturae**, v. 256, 15 out. 2019.
- GARCÍA, A. M. et al. Effect of the burner position on an austenitizing process in a walking-beam type reheating furnace. **Applied Thermal Engineering**, p. 633–645, 5 maio 2019.
- GOLSHAN, S. et al. Review and implementation of CFD-DEM applied to chemical process systems. **Chemical Engineering Science**, v. 221, p. 115646, 2020.
- GROSS, K. C.; WANG, Y.; SALTVEIT, M. **The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist and Nursery Stocks**. [s.l.] USDA, 2016.
- HAN, J. W. et al. Comparison of veracity and application of different CFD turbulence models for refrigerated transport of apple. **Acta Horticulturae**, v. 1261, p. 225–233, 2019.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **Green coffee: determination of loss in mass at 105 degrees C**, 2003.
- JAYAS, D. S.; WHITE, N. D. G.; MUIR, W. E. **Stored-Grain Ecosystems**. New York: Marcel Dekker, Inc., 1995.
- KHENIEN, A.; BENATTAYALLAH, A.; TABOR, G. CFD Simulation of an Industrial Spiral Refrigeration System. **Energies**, v. 12, n. 17, p. 3358, 30 ago. 2019.
- KWAŚNIEWSKA-KAROLAK, I.; MOSTOWSKI, R. The influence of storage conditions on the staling rate and starch retrogradation in wheat rolls packaged in a modified atmosphere. **Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences**, v. 8, n. 5, p. 1188–1193, 2019.
- MARTÍNEZ MALDONADO, F. E. et al. Germination, protein contents and soluble carbohydrates

- during storage of sugar apple seeds (*Annona squamosa* L.). **Journal of Applied Botany and Food Quality**, v. 88, p. 308–313, 2015.
- MOHAPATRA, D.; RAO, P. S. A thin layer drying model of parboiled wheat. **Journal of Food Engineering**, v. 66, n. 4, p. 513–518, 2005.
- MOHSENIN, N. N. **Thermal properties of foods and agricultural materials**. New York: Gordon and Breach, 1980.
- NAHOR, H. B. et al. **CFD model of the airflow, heat and mass transfer in cool stores**. International Journal of Refrigeration. **Anais...maio 2005**
- NIMDUM, P. et al. Experimental method and numerical simulation demonstrate non-linear axial behaviour in composite filament wound pressure vessel due to thermal expansion effect. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 40, n. 38, p. 13231–13241, 15 out. 2015.
- OSTANEK, J.; ILELEJI, K. Conjugate heat and mass transfer model for predicting thin-layer drying uniformity in a compact, crossflow dehydrator. **Drying Technology**, 2019.
- PARAGINSKI, R. T. et al. Qualidade de grãos de milho armazenados em diferentes temperaturas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 4, p. 358–363, 2015.
- PENG, P. et al. Concentrated high intensity electric field (CHIEF) system for non-thermal pasteurization of liquid foods: Modeling and simulation of fluid mechanics, electric analysis, and heat transfer. **Computers and Chemical Engineering**, 2017.
- PÉREZ-MARTÍNEZ, M. et al. Effects of refrigeration and oxygen on the coffee brew composition. **European Food Research and Technology**, v. 227, n. 6, p. 1633–1640, out. 2008.
- RIGUEIRA, R. J. DE A. et al. Armazenamento de grãos de café cereja descascado em ambiente refrigerado. **Engenharia na agricultura**, v. 17, n. 4, p. 323–333, 2009.
- ROMÁN, F.; MBUGE, D. O.; HENSEL, O. Modeling the effect of a superabsorbent polymer material as desiccant in maize drying using CFD. **Drying Technology**, v. 37, n. 11, p. 1441–1453, 18 ago. 2019.
- RONALDO QUIRINO, J. et al. Resfriamento artificial na conservação da qualidade comercial de grãos de milho armazenados. **Bragantia**, v. 72, n. 4, p. 378–386, 2013.
- ROSA, S. D. V. F. DA et al. Aspectos fisiológicos de grãos de café armazenados em ambiente resfriado. **VIII Simpósio de Pesquisas dos Cafés do Brasil**, 2013.
- SAJADIYE, SEYED MAJID et al. A Multi-Scale Three-Dimensional CFD Model of a Full Loaded Cool Storage. **International Journal of Food Engineering**, v. 9, n. 2, p. 163–178, 2013.

SCA. Protocolo para Análise Sensorial de Café - Metodologia SCA. **Specialty Coffee Association**, n. Doc 5. Dezembro, p. 1–13, 2008.

TRIPETCH, P.; BOROMPICHAICHARTKUL, C. Effect of packaging materials and storage time on changes of colour, phenolic content, chlorogenic acid and antioxidant activity in arabica green coffee beans (*Coffea arabica* L. cv. Catimor). **Journal of Stored Products Research**, v. 84, p. 101510, 2019.

TUKEY, J. W. **The problem of multiple comparisons**. Princeton: Princeton University, 1953.

ZHANG, L. D. et al. Experiment and simulation research of storage for small grain steel silo. **International Journal of Agricultural and Biological Engineering**, v. 9, n. 3, p. 170–178, 2016.

ZHAO, B. Temperature-coupled field analysis of LPG tank under fire based on wavelet finite element method. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, v. 117, n. 1, p. 413–422, 2014.

APÊNDICE A – Funções definidas pelo usuário (udf)

```
#include "udf.h"
```

```
DEFINE_PROFILE(temp_paredes_30em30min, thread, position) {
    face_t f;
    real t = CURRENT_TIME;
    real temp_diaria[8516] = { 32.7, 32.4, 32, 28, 26.3, 25.5, 24.6, 24.2, 24, 23.8, 23.7, 23.6,
23.3, 23.3, 23.3, 23.2, 23, 22.9, 22.8, 22.6, 22.4, 22.3, 22, 22, 22.3, 21.9, 21.8, 21.6, 21.5, 21.6, 22.1,
23.5, 24.7, 24.4, 25.6, 25.8, 26.8, 27.7, 28.1, 28.7, 29.7, 28.6, 29.5, 29.4, 29.2, 30.6, 30.9, 30, 30, 28.7,
28.1, 27.9, 27.7, 27.5, 27.2, 26.8, 26.5, 26.2, 26, 25.8, 25.8, 25.6, 25.5, 25.3, 25.1, 25, 24.8, 24.7, 24.6,
24.5, 24.3, 24.2, 24, 23.9, 23.7, 23.7, 23.5, 23.5, 23.7, 23.9, 24.2, 24.5, 24.9, 25.3, 25.8, 26.1, 26.3,
26.4, 26.3, 26.9, 27.4, 27.9, 28.3, 28.1, 28, 28.4, 28.4, 28.1, 27.7, 27.4, 27.2, 26.9, 26.7, 26.4, 26.3,
25.9, 25.8, 25.7, 25.6, 25.6, 25.5, 25.4, 25.3, 25.1, 24.8, 24.5, 24.3, 24.2, 24.1, 24, 23.9, 23.9, 23.8,
23.8, 23.6, 23.6, 23.6, 23.7, 24.1, 24.4, 24.6, 24.7, 25.3, 25.7, 26.3, 26.7, 26.7, 27.4, 27.6, 28, 28.6,
28.1, 28, 27.8, 27.2, 26.8, 26.7, 26.5, 26.2, 26, 25.8, 25.5, 25.3, 25.1, 24.9, 24.7, 24.5, 24.5, 24.5, 24.5,
24.4, 24.3, 24.3, 24.2, 24.2, 24.1, 23.9, 23.8, 23.7, 23.7, 23.6, 23.6, 23.5, 23.5, 23.5, 23.5, 23.5, 23.6,
23.7, 23.9, 24.1, 24.7, 24.8, 25.1, 25, 25.2, 25.2, 25.1, 24.9, 24.8, 24.7, 24.6, 24.6, 24.6, 24.5, 24.3,
24.2, 24.1, 24, 23.8, 23.8, 23.6, 23.5, 23.4, 23.2, 23.1, 23, 22.9, 22.7, 22.6, 22.5, 22.4, 22.3, 22.3, 22.2,
22.1, 22, 21.8, 21.8, 21.6, 21.6, 21.6, 21.7, 21.8, 22.1, 22.4, 22.7, 23.1, 23.5, 23.9, 24.3, 24.8, 25, 25.6,
25.3, 25.3, 25.4, 25.4, 25.7, 25.7, 25.7, 25.8, 25.9, 25.7, 25.6, 25.4, 25.2, 24.9, 24.7, 24.5, 24.3, 24.2,
24.1, 24, 23.9, 23.7, 23.6, 23.5, 23.3, 23.2, 23, 23, 22.9, 22.8, 22.7, 22.6, 22.5, 22.4, 22.5, 22.4, 22.4,
22.5, 22.6, 22.7, 22.9, 23.2, 23.7, 23.9, 24.1, 24.5, 25.1, 25.3, 25.6, 25.8, 25.9, 26, 26.1, 26.1, 26.3,
26.7, 26.9, 26.8, 26.8, 26.6, 26.3, 26.1, 25.8, 25.6, 25.4, 25.2, 25, 24.9, 24.7, 24.7, 24.6, 24.4, 24.3,
24.1, 24, 23.9, 23.7, 23.6, 23.6, 23.4, 23.4, 23.3, 23.2, 23.1, 23.1, 23.1, 23.2, 23.4, 23.5, 23.9, 24.4,
24.6, 24.8, 25, 25.1, 25.2, 25.8, 26.1, 26.4, 26.7, 26.6, 26.7, 27, 27.2, 27, 26.9, 26.7, 26.5, 26.2, 26,
25.8, 25.7, 25.5, 25.4, 25.3, 25.2, 25.1, 25, 25.1, 25.1, 24.8, 24.7, 24.6, 24.4, 24.4, 24.2, 24.2, 24.1, 24,
24, 23.9, 23.9, 23.9, 23.8, 23.9, 24.1, 24.4, 24.5, 24.6, 24.7, 25.1, 25.4, 25.3, 25.5, 25.2, 25.4, 25.9, 26,
25.9, 25.6, 25.5, 25.9, 25.9, 25.7, 25.6, 25.5, 25.2, 25.1, 24.9, 24.7, 24.6, 24.5, 24.4, 24.3, 24.3, 24.2,
24.1, 24.1, 24, 23.9, 23.8, 23.7, 23.6, 23.6, 23.6, 23.6, 23.6, 23.6, 23.6, 23.6, 23.7, 23.9, 24.1,
24.2, 24.5, 24.7, 24.9, 25.2, 25.4, 25.6, 25.9, 25.8, 25.9, 25.8, 25.8, 25.8, 25.8, 25.7, 25.7, 25.9, 25.9,
25.8, 25.7, 25.5, 25.3, 25.1, 25, 24.9, 24.8, 24.7, 24.7, 24.5, 24.4, 24.3, 24.2, 24.1, 24.1, 24, 23.9, 23.9,
23.8, 23.7, 23.7, 23.6, 23.5, 23.5, 23.4, 23.4, 23.4, 23.6, 23.7, 23.9, 24.1, 24.5, 24.7, 25, 25.2, 25.4,
25.5, 25.8, 26.2, 26.7, 26.8, 26.7, 26.6, 26.4, 26.1, 26, 25.8, 25.7, 25.6, 25.5, 25.3, 25.1, 25, 24.8,
24.6, 24.5, 24.5, 24.4, 24.3, 24.2, 24.2, 24.1, 24, 24, 23.9, 23.9, 23.7, 23.7, 23.6, 23.6, 23.6, 23.6, 23.6,
23.6, 23.9, 24.1, 24.2, 24.1, 24, 23.9, 24, 24.1, 24.6, 25, 25.8, 26.1, 26.5, 26, 25.7, 25.5, 25.8, 26, 26.2,
26.3, 26.2, 25.9, 25.6, 25.3, 25.1, 24.8, 24.7, 24.5, 24.4, 24.2, 24.2, 24.1, 24, 23.9, 23.8, 23.7, 23.5,
23.5, 23.5, 23.4, 23.4, 23.3, 23.3, 23.2, 23.2, 23.2, 23.2, 23.2, 23.3, 23.4, 23.6, 24, 24.3, 24.7, 25.1,
25.9, 26.4, 26.6, 27.1, 27.6, 27.9, 28.2, 28.4, 28.4, 28.5, 28.5, 28.5, 28.4, 28.1, 27.8, 27.5, 27.1, 26.9,
26.7, 26.5, 26.4, 26.1, 25.9, 25.7, 25.5, 25.3, 25.1, 24.9, 24.7, 24.5, 24.4, 24.3, 24.1, 24.1, 23.9, 23.8,
23.7, 23.7, 23.6, 23.6, 23.5, 23.6, 23.8, 23.9, 24.1, 24.2, 24.6, 25, 25.2, 25.4, 25.6, 25.7, 25.5, 25.6,
26.1, 26.4, 26.3, 26.7, 26.9, 26.8, 26.7, 26.6, 26.3, 26, 25.7, 25.5, 25.3, 25.1, 24.9, 24.8, 24.6, 24.5,
24.4, 24.3, 24.2, 24.1, 24, 23.9, 23.8, 23.7, 23.7, 23.6, 23.6, 23.5, 23.5, 23.4, 23.3, 23.4, 23.5, 23.6,
23.8, 23.9, 24, 24, 24.1, 24.2, 24.3, 24.4, 24.5, 24.5, 24.7, 24.8, 24.7, 24.8, 24.7, 25, 25.1, 25.1, 25.3,
25.2, 25.1, 24.9, 24.7, 24.5, 24.5, 24.3, 24.2, 24.2, 24, 24, 24, 23.9, 23.9, 23.8, 23.7, 23.6, 23.5, 23.5,
23.4, 23.3, 23.3, 23.2, 23.2, 23.2, 23.1, 23.1, 23.2, 23.5, 23.8, 23.9, 24.2, 24.4, 24.5, 24.7, 24.7, 25.1,
25.1, 25, 25.7, 25.4, 25.5, 25.3, 25.1, 25, 25, 24.9, 24.7, 24.6, 24.4, 24.2, 24.1, 24, 23.9, 23.9, 23.8,
23.7, 23.6, 23.6, 23.5, 23.5, 23.5, 23.3, 23.3, 23.2, 23.1, 23.1, 23.1, 23, 22.9, 22.8, 22.8, 22.7, 22.7,
22.7, 22.8, 23, 23.2, 23.8, 24, 24, 24.1, 24.4, 24.8, 25.4, 25.8, 25.9, 25.4, 25.8, 25.7, 25.9, 26, 25.9,
26.1, 26, 26, 25.7, 25.5, 25.2, 25, 24.7, 24.6, 24.4, 24.3, 24.1, 24.1, 24, 24, 23.9, 23.8, 23.7, 23.6, 23.5,
23.4, 23.3, 23.3, 23.3, 23.1, 23.1, 23.1, 23.1, 23, 22.9, 23, 23.2, 23.5, 23.7, 23.9, 24.5, 25, 25.1, 25.4,
25.8, 26.3, 26.9, 27.2, 27.8, 28.2, 28.3, 28.4, 28.3, 28.1, 28.1, 27.9, 27.6, 27.3, 27, 26.7, 26.6, 26.4,
26.1, 25.8, 25.6, 25.3, 25.1, 24.9, 24.8, 24.6, 24.4, 24.2, 24, 23.8, 23.7, 23.6, 23.4, 23.3, 23.1, 22.9,
22.9, 22.8, 22.9, 23, 23.3, 23.6, 23.8, 24.1, 24.7, 25.2, 25.6, 26.1, 26.2, 26.6, 26.5, 26.6, 27.2, 27.2,
27.5, 27.3, 27.9, 27.7, 27.3, 27, 26.8, 26.5, 26.3, 26, 25.8, 25.6, 25.4, 25.3, 25.2, 25, 24.8, 24.6, 24.5,
24.4, 24.2, 24.1, 23.9, 23.9, 23.8, 23.8, 23.7, 23.7, 23.6, 23.4, 23.3, 23.3, 23.2, 23.3, 23.4, 23.7, 23.9,
24, 24, 23.9, 23.9, 24, 24, 24.1, 24.2, 24.2, 24.1, 24.1, 24.1, 24.4, 24.6, 24.6, 24.7, 24.6, 24.5, 24.5,
```

24.4, 24.3, 24.2, 24, 23.9, 23.8, 23.7, 23.6, 23.6, 23.4, 23.4, 23.3, 23.2, 23, 23, 22.9, 22.8, 22.8, 22.7, 22.7, 22.7, 22.6, 22.6, 22.6, 22.5, 22.5, 22.5, 22.7, 22.8, 22.9, 23.2, 23.4, 23.4, 23.5, 23.6, 23.6, 23.5, 23.5, 23.8, 24, 24.2, 24.4, 24.3, 24.1, 24.1, 24, 24, 23.9, 23.8, 23.7, 23.6, 23.5, 23.5, 23.4, 23.4, 23.3, 23.3, 23.3, 23.2, 23.1, 23, 23, 22.9, 22.8, 22.7, 22.7, 22.7, 22.7, 22.6, 22.6, 22.6, 22.5, 22.4, 22.5, 22.5, 22.5, 22.6, 22.8, 23, 23.4, 23.6, 23.6, 23.8, 24.4, 24.8, 25.2, 25.5, 25.8, 26, 26.3, 26.2, 25.8, 25.5, 25.2, 25, 24.8, 24.5, 24.3, 24.1, 24, 23.8, 23.7, 23.7, 23.7, 23.7, 23.6, 23.6, 23.4, 23.2, 23.1, 23, 22.9, 22.7, 22.7, 22.6, 22.6, 22.5, 22.5, 22.5, 22.4, 22.3, 22.4, 22.3, 22.3, 22.4, 22.5, 22.6, 22.6, 22.7, 22.8, 23, 23, 23.3, 23.4, 24.3, 24.6, 25, 25.2, 25.2, 25, 24.5, 24.4, 24.6, 24.5, 24.4, 24.2, 24, 23.8, 23.7, 23.6, 23.6, 23.5, 23.4, 23.3, 23.2, 23.1, 23, 22.9, 22.8, 22.7, 22.7, 22.6, 22.6, 22.5, 22.4, 22.4, 22.3, 22.3, 22.2, 22.2, 22.3, 22.3, 22.5, 23, 23.4, 24, 24.4, 25.1, 25.9, 25.9, 26.4, 26.9, 27.4, 27.4, 27, 26.4, 26.9, 26.5, 26.3, 26.1, 26, 25.9, 25.8, 25.6, 25.5, 25.4, 25.4, 25.2, 25, 24.8, 24.6, 24.5, 24.4, 24.3, 24.1, 23.9, 23.7, 23.6, 23.5, 23.5, 23.3, 23.3, 23.2, 23.2, 23.1, 23, 22.9, 22.9, 23.1, 23.2, 23.4, 23.9, 24.2, 24.7, 25, 25.3, 25.4, 25.9, 26.3, 26.4, 26.5, 26.7, 27, 27.6, 27.5, 27, 26.9, 26.4, 26, 25.7, 25.4, 25.3, 25.1, 25, 24.8, 24.6, 24.6, 24.5, 24.3, 24.2, 24, 23.8, 23.7, 23.6, 23.5, 23.5, 23.4, 23.3, 23.2, 23.2, 23.1, 23, 22.9, 22.8, 22.8, 22.9, 22.9, 23.1, 23.3, 23.6, 23.8, 24.1, 24.6, 24.8, 25.4, 25.7, 26.1, 26.5, 26.7, 27, 27, 27.2, 27.4, 27.5, 27.5, 27.3, 27, 26.7, 26.6, 26.3, 26, 25.7, 25.5, 25.3, 25.1, 24.9, 24.8, 24.6, 24.5, 24.4, 24.2, 24.1, 24, 23.9, 23.8, 23.7, 23.5, 23.3, 23.2, 23.1, 23, 22.8, 22.8, 22.8, 23, 23.2, 23.7, 24.1, 24.6, 25, 25.4, 25.8, 26.1, 26.4, 26.7, 26.8, 27.2, 27.2, 26.8, 26.5, 26.2, 26.1, 25.9, 25.7, 25.5, 25.4, 25.3, 25.2, 25.2, 25, 24.9, 24.7, 24.5, 24.3, 24.2, 24, 23.8, 23.7, 23.6, 23.4, 23.4, 23.5, 23.7, 24, 24.5, 25.1, 25.4, 25.8, 26.3, 26.7, 27, 27.4, 27.9, 28, 28.2, 28.7, 28.7, 29, 29.1, 29.2, 29.3, 29.3, 29.1, 28.9, 28.7, 28.3, 28, 27.7, 27.6, 27.4, 27.2, 27.1, 26.9, 26.8, 26.6, 26.5, 26.3, 26.2, 26, 25.9, 25.7, 25.6, 25.5, 25.5, 25.3, 25.2, 25.1, 25, 24.9, 25, 25.1, 25.5, 25.9, 26.1, 26.5, 27, 27.4, 27.6, 27.8, 28.1, 28.5, 29, 29.1, 29.4, 29.8, 29.4, 28.8, 28.6, 28.3, 27.8, 27.6, 27.3, 27.1, 27, 26.7, 26.6, 26.5, 26.3, 26.2, 26.1, 26.1, 26, 25.9, 25.8, 25.7, 25.6, 25.6, 25.5, 25.4, 25.2, 25.2, 25.1, 25.1, 25, 24.9, 24.8, 24.8, 24.8, 24.8, 24.9, 24.9, 25.1, 25.3, 25.5, 25.7, 25.9, 26.4, 27, 27.3, 27.7, 28.2, 28.5, 28.7, 29.1, 29.1, 28.8, 28.8, 28.7, 28.3, 28, 27.7, 27.4, 27.2, 27, 26.8, 26.7, 26.6, 26.5, 26.4, 26.2, 26.1, 26, 25.8, 25.7, 25.6, 25.5, 25.4, 25.3, 25.2, 25.1, 25.1, 25.1, 25, 24.9, 25, 25, 25.1, 25.2, 25.3, 25.4, 25.6, 26, 26.3, 26.6, 27, 27.3, 27.5, 27.7, 28.2, 28.3, 28.3, 28.6, 28.2, 27.9, 27.5, 27.2, 26.8, 26.5, 26.3, 26.1, 25.9, 25.7, 25.5, 25.4, 25.3, 25.2, 25.1, 25, 24.9, 24.8, 24.6, 24.5, 24.3, 24.2, 24.2, 24.1, 24, 23.9, 23.9, 23.8, 23.7, 23.6, 23.6, 23.6, 23.7, 23.9, 24.1, 24.2, 24.5, 24.9, 25.3, 25.8, 26.2, 26.3, 26.5, 26.9, 27, 27.1, 27.1, 26.8, 27.3, 27.5, 27.5, 27.2, 26.9, 26.6, 26.4, 26.2, 26, 25.7, 25.6, 25.5, 25.4, 25.2, 25, 24.9, 24.8, 24.7, 24.6, 24.4, 24.3, 24.3, 24.3, 24.1, 24, 23.9, 23.9, 23.9, 23.8, 23.7, 23.6, 23.6, 23.6, 23.7, 23.8, 23.9, 24, 24.2, 24.4, 24.8, 25.4, 25.8, 26.2, 26.7, 26.9, 26.9, 26.8, 27.3, 27.4, 27.5, 27.6, 27.7, 27.5, 27.2, 26.9, 26.6, 26.2, 25.9, 25.7, 25.5, 25.3, 25.2, 25.1, 25, 24.8, 24.8, 24.7, 24.6, 24.5, 24.4, 24.4, 24.2, 24.1, 24.1, 24, 23.9, 23.8, 23.8, 23.7, 23.7, 23.7, 23.6, 23.6, 23.7, 23.8, 24.1, 24, 24.2, 24.4, 24.9, 25.1, 25.3, 25.5, 25.5, 25.4, 25.4, 25.7, 25.8, 25.5, 25.8, 25.6, 25.3, 25.1, 24.9, 24.8, 24.6, 24.5, 24.4, 24.2, 24.1, 24, 24, 23.8, 23.8, 23.7, 23.6, 23.5, 23.5, 23.4, 23.3, 23.3, 23.2, 23.1, 23.1, 23, 22.9, 22.8, 22.8, 22.7, 22.7, 22.8, 22.9, 23.4, 23.7, 23.8, 24.2, 24.7, 25.2, 25.8, 26, 26.1, 26.2, 26.4, 26.7, 26.9, 27, 27, 26.8, 26.8, 26.7, 26.5, 26.2, 26, 25.6, 25.4, 25.2, 25.1, 24.8, 24.6, 24.4, 24.3, 24.2, 24, 23.8, 23.7, 23.6, 23.5, 23.4, 23.2, 23.1, 23, 22.9, 22.8, 22.7, 22.7, 27.3, 24.8, 25.2, 25.7, 26.1, 26.6, 26.9, 27, 27.6, 27.9, 28.2, 28.4, 28.5, 28.6, 28.6, 28.2, 27.8, 27.7, 27.3, 26.9, 26.6, 26.3, 26, 25.8, 25.6, 25.4, 25.3, 25.1, 25, 24.9, 24.8, 24.7, 24.5, 24.3, 24.2, 24.1, 24, 23.9, 23.8, 23.7, 23.6, 23.5, 23.5, 23.5, 23.7, 24, 24.5, 25, 25.5, 26, 26.4, 26.8, 27.1, 27.7, 27.5, 27.9, 28.5, 28.6, 29, 29.3, 29.5, 29.6, 29.6, 29.6, 29.3, 29.2, 28.8, 28.5, 28.2, 27.8, 27.6, 27.4, 27.3, 27.2, 27, 26.8, 26.8, 26.7, 26.6, 26.4, 26.3, 26.2, 26, 25.9, 25.8, 25.6, 25.5, 25.4, 25.3, 25.2, 25.2, 25.2, 25.3, 25.5, 25.9, 26.3, 26.5, 26.8, 27.1, 27.5, 27.6, 27.7, 28.3, 28.7, 28.8, 29.3, 29.7, 29.9, 30, 29.9, 30.1, 30.1, 29.9, 29.7, 29.4, 29.1, 28.7, 28.5, 28.4, 28.1, 27.9, 27.8, 27.7, 27.6, 27.5, 27.4, 27.3, 27.2, 27, 26.9, 26.9, 26.7, 26.6, 26.5, 26.4, 26.2, 26.1, 26.1, 25.9, 25.9, 25.9, 26.1, 26.4, 26.7, 27.1, 27.2, 27.2, 27.5, 28.1, 28.1, 28.8, 28.8, 29.2, 29.6, 30.1, 30.3, 30.5, 30.6, 30.5, 30.6, 30.4, 30.2, 29.9, 29.6, 29.2, 28.9, 28.6, 28.5, 28.3, 28.1, 28, 27.9, 27.8, 27.7, 27.5, 27.4, 27.4, 27.3, 27.1, 27, 26.9, 26.8, 26.7, 26.6, 26.5, 26.3, 26.2, 26.2, 26.4, 26.6, 26.6, 27, 27.3, 27.6, 28, 28.4, 28.6, 29, 29.2, 29.6, 29.8, 29.8, 30, 30.1, 30.4, 30.5, 30.4, 30.3, 30.1, 30, 29.7, 29.5, 29.2, 28.8, 28.6, 28.4, 28.2, 28, 27.8, 27.7, 27.6, 27.5, 27.3, 27.2, 27.1, 27, 26.8, 26.6, 26.6, 26.4, 26.2, 26.1, 26.1, 25.9, 25.9, 25.9, 26.1, 26.2, 26.5, 26.8, 27, 27.3, 27.8, 28.2, 28.6, 28.9, 29.3, 29.3, 29.7, 30.2, 30.5, 30.4, 30.5, 30.6, 30.5, 30.4, 30.4, 30.2, 29.9, 29.7, 29.3, 29, 28.7, 28.5, 28.2, 28, 27.9, 27.7, 27.5, 27.4, 27.2, 27.1, 27, 26.9, 26.8, 26.7, 26.6, 26.6, 26.5, 26.4, 26.3, 26.1, 26, 26.1, 26.3, 26.5, 26.9, 27.2, 27.6, 27.9, 28.3, 28.8, 28.9, 29.1, 29.5, 29.9, 30.4, 30.7, 31, 31.3, 31.6, 31.6, 31.3, 31.1, 30.9, 30.6, 30.2, 29.9, 29.6, 29.4, 29.2, 29, 28.8, 28.6, 28.5, 28.5, 28.3, 28.2, 28.1, 28, 27.8, 27.7, 27.5, 27.4, 27.3, 27.2, 27, 27, 26.8, 26.8, 26.7, 26.7, 26.6, 26.6, 26.7, 26.8, 27.1, 27.2, 27.4, 27.6, 27.8, 27.9, 28.2, 28.7, 28.9, 29.4, 29.9, 30.2, 30.4, 30.6, 30.6, 30.5, 30.2, 30.2, 29.9, 29.7, 29.4, 29.1, 28.8, 28.6, 28.4, 28.3, 28.1, 27.9, 27.8, 27.7, 27.6, 27.4, 27.3, 27.2, 27.1,

27, 27, 26.9, 26.8, 26.7, 26.6, 26.5, 26.4, 26.5, 26.5, 26.5, 26.6, 26.7, 26.9, 27.2, 27.8, 28, 27.9, 27.5, 27.3, 27, 26.8, 26.6, 26.4, 26.2, 26.2, 26.1, 26.1, 26.1, 26.2, 26.2, 26.1, 25.9, 25.8, 25.8, 25.7, 25.6, 25.6, 25.5, 25.4, 25.3, 25.2, 25.1, 25, 24.8, 24.8, 24.8, 24.7, 24.7, 24.5, 24.5, 24.6, 24.5, 24.4, 24.3, 24.2, 24.3, 24.3, 24.4, 24.6, 24.9, 25.3, 25.6, 25.6, 26.1, 26.3, 26.6, 26.9, 27.3, 27.9, 28.4, 28.8, 28.6, 28.8, 28.5, 28.1, 28, 27.9, 27.7, 27.5, 27.2, 26.8, 26.6, 26.4, 26.2, 26, 26, 25.8, 25.7, 25.6, 25.5, 25.4, 25.3, 25.1, 25, 25, 24.9, 24.8, 24.7, 24.6, 24.6, 24.5, 24.5, 24.4, 24.3, 24.3, 24.3, 24.4, 24.7, 24.9, 24.9, 25.1, 25.2, 25.4, 25.7, 26.2, 26.8, 27.2, 27.5, 27.5, 27.8, 27.8, 28, 28.1, 27.9, 27.6, 27.4, 27.1, 26.9, 26.5, 26.2, 25.8, 25.6, 25.4, 25.3, 25.1, 25.1, 25, 24.9, 24.7, 24.7, 24.6, 24.4, 24.4, 24.3, 24.3, 24.2, 24.1, 24, 24, 23.9, 23.8, 23.9, 23.8, 24.1, 24.2, 24.4, 24.7, 25.1, 25.2, 25.7, 25.9, 26.2, 26.9, 27.3, 27.2, 27.7, 28, 28.3, 28.1, 28.4, 28.5, 28.4, 28.1, 27.9, 27.8, 27.4, 27.1, 26.9, 26.7, 26.5, 26.4, 26.1, 25.8, 25.7, 25.5, 25.3, 25.1, 25, 24.9, 24.8, 24.6, 24.6, 24.5, 24.5, 24.4, 24.3, 24.3, 24.2, 24.1, 24.2, 24.3, 24.5, 24.7, 25, 25.3, 25.7, 25.9, 26, 26.6, 26.9, 27.5, 27.9, 27.7, 28, 27.9, 27.6, 27.3, 27.2, 27.2, 27.1, 27, 26.9, 26.8, 26.6, 26.3, 26.1, 25.9, 25.7, 25.5, 25.4, 25.2, 25.1, 25, 24.8, 24.7, 24.6, 24.4, 24.4, 24.3, 24.2, 24.1, 24, 23.9, 23.9, 23.9, 23.8, 23.7, 23.7, 23.8, 23.9, 24.3, 24.7, 25.2, 25.7, 26.2, 26.7, 27.2, 27.7, 28.2, 28.7, 28.6, 28.6, 28.3, 28.1, 28.7, 28.8, 28.6, 28.6, 28.7, 28.3, 28, 27.7, 27.5, 27.4, 27.2, 27.1, 26.9, 26.7, 26.6, 26.4, 26.3, 26.2, 26, 25.9, 25.7, 25.6, 25.5, 25.4, 25.4, 25.3, 25.2, 25.2, 25, 24.9, 24.9, 24.9, 25.1, 25.3, 25.4, 25.7, 26.2, 26.8, 27.3, 27.8, 28.4, 28.8, 28.9, 28.5, 29.1, 29.4, 28.9, 28.8, 28.3, 28, 27.6, 27.3, 27, 26.8, 26.6, 26.4, 26.3, 26.2, 26.1, 26, 25.9, 25.7, 25.5, 25.5, 25.4, 25.3, 25.2, 25, 24.9, 24.8, 24.8, 24.7, 24.6, 24.5, 24.5, 24.4, 24.2, 24.2, 24.3, 24.3, 24.3, 24.4, 24.7, 25.1, 25.5, 25.9, 26.2, 26.6, 26.8, 27.1, 27.4, 27.9, 28.4, 28.8, 29, 29.1, 29.3, 29.3, 28.9, 28.6, 28.3, 27.9, 27.7, 27.5, 27.3, 27, 26.8, 26.6, 26.4, 26.3, 26.1, 26, 25.9, 25.7, 25.5, 25.4, 25.4, 25.3, 25.2, 25.2, 25, 24.9, 24.9, 24.8, 24.7, 24.7, 24.7, 24.8, 25, 25.3, 25.8, 26.1, 26.6, 27.1, 27.4, 27.7, 28.2, 28.6, 28.8, 29, 29, 29.3, 29.5, 29.6, 29.7, 29.7, 29.6, 29.7, 29.6, 29.3, 29, 28.7, 28.3, 27.9, 27.6, 27.3, 27.1, 26.9, 26.8, 26.7, 26.6, 26.4, 26.2, 26, 25.9, 25.8, 25.6, 25.6, 25.5, 25.4, 25.4, 25.3, 25.2, 25.2, 25.2, 25.2, 25.4, 25.8, 26.3, 26.7, 27.1, 27.4, 27.3, 27.3, 27.2, 27.4, 27.6, 28, 28.6, 28.9, 29.4, 29.3, 29.1, 28.7, 28.5, 28.3, 28.1, 27.8, 27.7, 27.3, 27.1, 26.9, 26.8, 26.6, 26.4, 26.2, 26.1, 25.9, 25.8, 25.7, 25.6, 25.6, 25.5, 25.4, 25.3, 25.3, 25.2, 25.1, 25, 24.9, 24.8, 24.8, 24.7, 24.7, 24.8, 25, 25.5, 26.1, 26.4, 27.1, 27.7, 28.1, 28, 28.2, 28, 28.7, 28.8, 28.5, 28.4, 28, 27.5, 27.1, 26.9, 26.5, 26.3, 26.2, 26, 25.8, 25.7, 25.6, 25.4, 25.3, 25.3, 25.1, 25, 24.9, 24.9, 24.8, 24.7, 24.6, 24.6, 24.5, 24.5, 24.4, 24.3, 24.3, 24.2, 24.1, 24.1, 24, 24, 24.1, 24.4, 24.8, 25.3, 25.7, 26, 26.6, 26.9, 27.2, 27.4, 27.4, 27.5, 27.3, 27, 27.3, 27.7, 27.2, 26.7, 26.3, 26.1, 26, 26, 26.1, 26, 25.8, 25.6, 25.5, 25.4, 25.2, 25.1, 25, 24.8, 24.8, 24.7, 24.5, 24.4, 24.3, 24.3, 24.2, 24.1, 24.1, 24, 23.9, 23.8, 23.8, 23.7, 23.6, 23.7, 23.6, 23.8, 24.3, 24.8, 24.7, 24.9, 25.2, 25.4, 25.9, 26, 26.7, 27, 27.6, 28, 28.1, 28.5, 28.9, 29.1, 29.2, 28.9, 28.7, 28.4, 28, 27.7, 27.4, 27.2, 26.9, 26.7, 26.6, 26.4, 26.3, 26.1, 25.9, 25.7, 25.6, 25.3, 25.2, 25, 24.9, 24.8, 24.7, 24.6, 24.6, 24.5, 24.5, 24.3, 24.3, 24.2, 24.3, 24.4, 24.5, 24.6, 24.6, 24.5, 24.3, 24.3, 24.2, 24.3, 24.4, 24.5, 24.6, 24.6, 24.5, 24.3, 24.3, 24.2, 24.1, 24.1, 24, 24, 24.1, 24.1, 24.1, 24.3, 24.8, 25.2, 25.7, 26, 26.5, 26.3, 26.1, 26.2, 26.3, 26.3, 26.4, 26.4, 26.4, 26.3, 26.3, 26.4, 26.3, 26.2, 26, 25.9, 25.7, 25.5, 25.3, 25.1, 25, 24.8, 24.7, 24.6, 24.5, 24.4, 24.2, 24.2, 24.1, 24, 24, 23.9, 23.9, 23.8, 24.1, 24, 23.9, 23.8, 23.7, 23.7, 23.7, 23.7, 23.7, 23.8, 24.2, 24.3, 24.5, 24.3, 24.4, 24.4, 24.7, 25.3, 25.8, 25.8, 26.2, 26.6, 26.9, 26.9, 26.9, 26.6, 26.4, 26.2, 26.4, 26.4, 26.2, 26, 25.7, 25.4, 25.2, 25, 24.8, 24.7, 24.6, 24.5, 24.3, 24.1, 24, 23.8, 23.6, 23.5, 23.4, 23.2, 23.1, 23, 22.9, 22.8, 22.7, 22.7, 22.8, 22.9, 23, 23.1, 23.3, 23.5, 23.8, 24.1, 24.4, 24.7, 25, 25.1, 25.2, 25.6, 26.2, 26.6, 27, 27.1, 27.2, 27.2, 27, 26.8, 26.5, 26.3, 25.9, 25.7, 25.4, 25.2, 25, 24.9, 24.7, 24.7, 24.5, 24.4, 24.3, 24.2, 24, 23.9, 23.8, 23.7, 23.5, 23.4, 23.3, 23.2, 23.1, 22.9, 22.8, 22.8, 22.9, 23.2, 23.5, 23.8, 24.1, 24.5, 24.9, 25.1, 25.3, 25.5, 26.2, 26.4, 30.4, 30.9, 31.3, 30.1, 29.6, 29.8, 29.1, 28.7, 28.2, 27.6, 27, 26.2, 25.7, 25.3, 24.9, 24.7, 24.6, 24.4, 24.3, 24.2, 24, 23.8, 23.6, 23.4, 23.3, 23.1, 22.9, 22.8, 22.6, 22.4, 22.3, 22.2, 22.1, 22, 21.9, 21.8, 21.8, 21.9, 22.1, 22.3, 22.7, 22.8, 22.9, 23.1, 23.7, 23.8, 23.9, 23.7, 23.5, 23.2, 24, 25, 25.4, 26.2, 25.8, 25.1, 24.6, 24.2, 23.7, 23.2, 22.9, 22.8, 22.6, 22.5, 22.4, 22.3, 22.2, 22.3, 22.4, 22.2, 22.1, 22, 21.8, 21.5, 21.3, 21.1, 21, 20.9, 20.8, 20.7, 20.7, 20.7, 20.7, 20.6, 20.6, 20.8, 21.1, 21.4, 22, 23.2, 23.6, 24.2, 23.2, 22.9, 23.1, 23.7, 23.9, 24.2, 26.7, 28.9, 29.3, 29.4, 29.2, 27.7, 27.7, 27.1, 26.8, 25.6, 24.6, 24, 23.7, 23.3, 23, 22.8, 22.5, 22.4, 22, 21.9, 21.7, 21.7, 21.7, 21.6, 21.4, 21.3, 21.2, 21.3, 21.2, 21.2, 21.1, 21.3, 21.1, 21.4, 22,

23.1, 24.3, 24.3, 24.5, 25.1, 26.3, 28.2, 30, 31.2, 30.6, 31.2, 31.8, 31.2, 32.6, 33, 33.3, 33.3, 31.2, 29.2, 27.6, 27.6, 27.4, 26.8, 26.2, 25.6, 25.3, 24.7, 24.4, 24, 23.8, 23.5, 23.3, 23, 22.9, 22.7, 22.5, 22.3, 22.2, 22, 21.9, 21.8, 21.6, 21.7, 21.6, 21.5, 21.7, 21.8, 22.3, 23.1, 23.7, 24.3, 27, 27.9, 29.6, 31.2, 30.2, 32, 32.9, 33.6, 34, 34.4, 34.5, 34.4, 33.9, 33.4, 32.8, 32.1, 31.3, 30.4, 29.4, 28.4, 27.3, 26.2, 25.7, 25.2, 24.9, 24.6, 24.4, 24.2, 24.1, 23.9, 23.6, 23.4, 23.2, 23, 22.9, 22.8, 22.7, 22.6, 22.5, 22.7, 22.5, 22.3, 22.4, 22.7, 23.3, 23.9, 24.3, 25.7, 26.4, 28.6, 29.3, 30.6, 31.2, 31.8, 33.1, 33.4, 33, 33.9, 34.2, 34.6, 34.6, 34.3, 33.9, 33.2, 32.2, 31.5, 30.5, 29.6, 28.6, 27.7, 27.2, 26.6, 26.2, 26.1, 25.9, 25.4, 25, 24.6, 24.6, 24.4, 24.4, 24.4, 24.4, 24, 23.9, 23.6, 23.5, 23.4, 23.3, 23.1, 23.3, 23.5, 23.7, 24.9, 26.4, 27.4, 27.7, 28.6, 30.9, 31.8, 32.5, 33.6, 33, 33.7, 33.1, 34.4, 33.3, 34.5, 34.1, 31.4, 31.8, 31.7, 30.7, 29.8, 29, 28.3, 27.7, 27.2, 26.9, 26.5, 26.3, 26, 26, 25.9, 25.6, 25.5, 25.4, 25.4, 25.2, 25, 24.8, 24.7, 24.5, 24.4, 24.2, 24, 23.8, 23.6, 23.5, 23.3, 23.3, 23.8, 24.2, 25.2, 26.3, 28.6, 27.5, 27.4, 28.4, 29.2, 29.3, 29.1, 30.9, 32.4, 30.8, 30.8, 32.4, 32.5, 32.2, 31.6, 30.7, 29.7, 28.4, 27.7, 26.9, 26.2, 25.8, 25.3, 25.1, 24.9, 24.8, 24.6, 24.5, 24.3, 24, 23.9, 23.8, 23.8, 23.6, 23.5, 23.5, 23.4, 23.3, 23.2, 23.1, 23.1, 23, 22.9, 23, 24.4, 25.8, 26.7, 27.5, 28.6, 29.3, 29.5, 30.6, 30.7, 32, 30.2, 32.3, 31.9, 30.6, 29.3, 27.4, 26.8, 26.3, 25.4, 25.1, 24.9, 24.6, 24.4, 24.3, 24.2, 24, 23.8, 23.7, 23.5, 23.5, 23.4, 23.2, 23.1, 23, 22.9, 22.8, 22.7, 22.7, 22.6, 22.4, 22.1, 22.1, 21.9, 22, 21.9, 21.8, 22, 22.4, 22.8, 24.2, 25.4, 26.1, 26.4, 28.9, 30.4, 30.7, 30.9, 31, 31.1, 31.7, 33.1, 32.9, 33.1, 33.6, 33.6, 32.9, 31.7, 29.7, 28.5, 27.8, 27, 26.4, 25.9, 25.7, 25.4, 25.2, 24.9, 24.7, 24.4, 24.2, 23.9, 23.7, 23.4, 23.2, 23, 22.9, 22.9, 22.8, 22.6, 22.5, 22.4, 22.4, 22.4, 22.3, 22.5, 23.5, 23.8, 24.7, 26.6, 28.4, 30.1, 31, 32, 32.7, 32.7, 32, 31.1, 30, 29.9, 28.1, 28.3, 28.9, 30.4, 30.1, 30.8, 30.3, 29.3, 28.3, 27.5, 26.8, 26.4, 26, 25.5, 25.2, 25, 24.7, 24.6, 24.5, 24.2, 23.9, 23.7, 23.6, 23.4, 23.2, 23, 23, 22.9, 22.8, 22.6, 22.6, 22.5, 22.5, 22.5, 22.9, 23.7, 25, 26, 28.2, 29, 29.8, 30.4, 32.1, 32.5, 34, 34.7, 35, 34.9, 34.9, 33.9, 32.9, 32.6, 31.4, 30.8, 31.2, 30.6, 29.2, 28, 27.3, 26.9, 26.3, 25.9, 25.6, 25.4, 25.1, 25, 24.9, 24.7, 24.6, 24.3, 24.3, 24.2, 24.1, 24, 23.9, 23.8, 23.6, 23.5, 23.4, 23.1, 23, 23.1, 23.3, 23.9, 24.5, 26.8, 28.6, 29.8, 30.7, 31.1, 30.7, 31.5, 32.6, 33.8, 33.1, 34.4, 34.7, 34.3, 34.8, 33.8, 31.5, 30.5, 29.6, 29.1, 28.5, 27.9, 27.3, 26.4, 26.1, 25.7, 25.4, 25.1, 25, 24.7, 24.5, 24.4, 24.2, 24, 24, 23.9, 23.8, 23.8, 23.7, 23.5, 23.4, 23.3, 23.2, 23.1, 23.1, 23.1, 23, 23.1, 23.3, 23.5, 24.2, 24.8, 25.8, 27.9, 29.6, 29.7, 30.8, 30.6, 31.1, 31.5, 31.8, 32.8, 32.6, 30.9, 29.7, 28.7, 28.3, 27.9, 27.2, 26.6, 26, 25.6, 25.3, 25.1, 24.9, 24.7, 24.5, 24.3, 24.1, 23.9, 23.9, 23.8, 23.6, 23.4, 23.3, 23.2, 23.2, 23.1, 23.1, 23, 22.9, 22.8, 22.7, 22.7, 22.8, 23, 23.4, 24.7, 26.5, 28.4, 28.1, 27.6, 27.5, 27.1, 27.1, 27.9, 28, 27, 26.6, 26.1, 27.1, 25.7, 24.8, 24.6, 24.5, 24.4, 24.1, 23.8, 23.7, 23.6, 23.5, 23.3, 23.3, 23.2, 23.1, 23.1, 23, 22.9, 22.8, 22.7, 22.6, 22.5, 22.4, 22.3, 22.3, 22.2, 22.1, 22.1, 22.1, 22, 22, 21.9, 22, 22.2, 22.6, 23.2, 24.3, 24.1, 24, 25, 26.6, 26.4, 26.2, 25.1, 24.1, 24, 24, 23.9, 24.3, 25.9, 25.7, 25.2, 24.7, 24.3, 23.9, 23.4, 23, 22.8, 22.5, 22.2, 22.1, 22, 21.9, 21.8, 21.6, 21.6, 21.4, 21.4, 21.3, 21.1, 21, 20.9, 20.8, 20.8, 20.8, 20.8, 20.7, 20.7, 20.7, 20.7, 20.7, 20.7, 20.8, 21.1, 21.3, 21.4, 21.8, 22, 22.6, 23.8, 24.1, 24.4, 25.9, 25.5, 25.4, 26.2, 26.9, 27.3, 29, 29.2, 28.5, 27.2, 26.3, 25.7, 24.7, 23.8, 23, 22.7, 22.5, 22.3, 22.1, 22.1, 22.1, 22, 22, 21.8, 21.6, 21.4, 21.4, 21.4, 21.2, 21.1, 20.9, 20.8, 20.8, 20.7, 20.9, 20.9, 21.1, 21.2, 22, 22.5, 23, 23.6, 23.9, 25.8, 27.3, 26.9, 24.6, 25.7, 27.3, 28.2, 27.8, 28.6, 28.3, 28.1, 26, 26.1, 26.8, 27.6, 27.2, 26.3, 25.8, 24.9, 24.2, 23.8, 23.4, 23.2, 22.9, 22.8, 22.6, 22.4, 22.2, 22.2, 22.1, 22, 21.9, 22.1, 22.2, 22.3, 22.2, 22.3, 22.3, 22.1, 22, 21.9, 21.8, 21.9, 22, 22, 22.4, 22.9, 24.1, 24.9, 24.8, 24.9, 26.3, 26.8, 25.9, 25.9, 26.4, 26.7, 26.5, 27.3, 26.8, 27.3, 28.4, 28, 26.7, 25.3, 25, 24.8, 24.4, 24.1, 23.8, 23.8, 23.7, 23.5, 23.3, 23.2, 23.2, 23.2, 23.2, 23.2, 23.2, 23.1, 23, 23, 22.9, 22.9, 22.8, 22.6, 22.6, 22.6, 22.6, 22.5, 22.5, 22.6, 22.8, 23.6, 24.5, 24.9, 25.5, 25.6, 25.5, 26.1, 26.2, 25.3, 27.8, 27, 26.2, 27.8, 25.9, 25.1, 24.4, 24.1, 24.2, 24.2, 24, 23.8, 23.6, 23.4, 23.2, 23.1, 23, 23, 23, 22.9, 22.9, 22.8, 22.8, 22.7, 22.6, 22.5, 22.5, 22.4, 22.3, 22.3, 22.3, 22.3, 22.2, 22.2, 22.2, 22.2, 22.1, 22.1, 22.1, 22.2, 22.3, 22.6, 22.7, 22.6, 22.5, 22.6, 22.6, 23, 23.1, 22.9, 22.8, 22.6, 22.6, 22.5, 22.9, 22.9, 22.7, 22.7, 22.7, 22.5, 22.5, 22.4, 22.3, 22, 21.9, 21.7, 21.7, 21.6, 21.5, 21.4, 21.3, 21.2, 21.1, 21.1, 21, 21, 21, 20.9, 20.8, 20.8, 20.7, 20.6, 20.6, 20.6, 20.6, 20.7, 20.8, 20.9, 21.1, 21.4, 21.4, 21.6, 21.9, 22.1, 22.5, 23.2, 24.3, 24.5, 25.4, 25.5, 25.9, 25.1, 26.9, 26.5, 26.2, 25.1, 24.3, 23.8, 23.5, 23.1, 22.9, 22.8, 22.5, 22.5, 22.3, 22.2, 22.2, 21.8, 21.6, 21.5, 21.4, 21.2, 21.1, 20.9, 21, 21, 20.9, 20.9, 20.9, 20.9, 20.9, 20.9, 21, 21.1, 21.4, 22.2, 23.1, 23.7, 25.1, 25.7, 24.8, 26.4, 26.1, 27, 29.6, 31.1, 32, 32.6, 31.3, 28.8, 29.5, 30.6, 30.3, 29.5, 28.6, 27.5, 26.7, 25.7, 24.8, 24.3, 23.9, 23.7, 23.4, 23.5, 23.3, 22.9, 22.6, 22.2, 22, 21.8, 21.7, 21.6, 21.4, 21.2, 20.9, 20.8, 21, 21.1, 21.2, 21.3, 21.3, 21.6, 22.3, 23, 25.1, 25.3, 25.3, 28.2, 30, 31.2, 30, 29.2, 30.2, 32.4, 32.4, 33.1, 32.5, 32.1, 33, 32.5, 31.7, 31.2, 30.1, 29, 27.9, 26.8, 26.2, 25.8, 25.4, 24.9, 24.6, 24.3, 24, 23.7, 23.4, 23.1, 22.9, 22.8, 22.7, 22.5, 22.4, 22.3, 22.1, 22, 22, 21.8, 21.7, 21.6, 21.7, 22.3, 23.6, 25.1, 26.6, 26.7, 28, 30, 30.2, 29.1, 30.9, 32.3, 33.7, 34.4, 34.8, 33.5, 34.1, 35, 34.6, 34.3, 33.6, 32.7, 31.4, 30.3, 29.2, 28.1, 27.2, 26.8, 26.1, 25.6, 25.1, 25, 24.6, 24.6, 24.6, 24.3, 23.9, 23.6, 23.5, 23.3, 23.1, 23, 23, 22.8, 22.7, 22.7, 22.5, 22.4, 22.6, 23.6, 24.3, 24.8, 27.3, 29.6, 29.8, 28.9, 30, 32.1, 30, 28.9, 28.2, 29.5, 29.5, 32, 30.8, 31.1, 29, 28.2, 27.1, 25.9, 25.1, 24.8, 24.5, 24.1, 23.9, 23.8, 23.7, 23.5, 23.6, 23.6, 23.4, 23.3, 23.1, 23, 22.9, 22.8, 22.8, 22.7, 22.6, 22.6, 22.5, 22.2, 22.1, 22, 21.9, 21.7, 21.6, 21.9, 22.6, 24.2, 25.5, 27.1, 28.6, 29.9, 30.9, 30.9, 30.9, 31.7, 31.3, 30.7, 32.7, 33.7,

34.4, 35.1, 32.8, 31.5, 31.2, 30.5, 29.6, 28.7, 27.8, 27.1, 26.6, 26.3, 25.9, 25.9, 25.6, 25.5, 25.6, 25.3, 25.2, 25.1, 24.8, 24.4, 24, 23.8, 23.7, 23.3, 23.3, 23.3, 23.2, 23.1, 23, 23, 23, 23.1, 23.4, 24.5, 25.4, 27.7, 27.6, 27.7, 28.2, 29.1, 27.6, 29.6, 31, 28.2, 26.4, 25, 24.9, 24.8, 25, 25.4, 26.6, 26.6, 26.7, 26.2, 25.4, 24.7, 24.3, 24, 23.8, 23.8, 23.6, 23.4, 23.2, 23.2, 22.9, 22.7, 22.6, 22.6, 22.6, 22.4, 22.3, 22.2, 22.1, 22.1, 22.1, 21.9, 21.7, 21.8, 21.9, 22.1, 22.5, 24.3, 26.5, 28.1, 29.5, 30.4, 31.4, 32.6, 33.6, 34.1, 35, 35.8, 36.2, 36.1, 35.9, 35.8, 33.5, 34, 33.1, 32.5, 31.8, 30.5, 28.4, 27.6, 27.2, 27.1, 26.6, 26.3, 26.2, 25.8, 25.6, 25.7, 25.4, 25.1, 25, 24.8, 24.5, 24.2, 24.1, 24, 23.8, 23.7, 23.6, 23.4, 23.2, 23.1, 23.1, 23.7, 25, 26.3, 27.7, 28.8, 30.2, 31.2, 32.2, 33.3, 33.1, 31.8, 34, 34.3, 34.7, 34.9, 34.8, 34.7, 34.7, 34.5, 31.9, 32.2, 30.6, 29.6, 28.5, 27.6, 27, 26.6, 26.2, 25.9, 25.6, 25.7, 25.3, 25.1, 24.9, 24.8, 24.6, 24.6, 24.5, 24.4, 24.3, 24.2, 24.3, 24.2, 23.9, 23.9, 23.8, 23.7, 23.6, 23.6, 23.6, 23.7, 23.5, 23.7, 24.4, 25.3, 26.8, 28.7, 28.3, 28.2, 28.6, 29.7, 30.4, 31.2, 32.3, 31, 30.2, 30.3, 29.5, 28.9, 28.3, 27.5, 26, 25.2, 24.4, 24, 23.8, 23.7, 23.5, 23.4, 23.4, 23.3, 23.3, 23.2, 23.2, 23.2, 23.1, 23, 23, 23, 22.9, 22.9, 22.8, 22.8, 22.7, 22.7, 22.7, 22.9, 23.2, 23.3, 23.7, 24.2, 25.4, 25.9, 25.8, 27.6, 29.1, 29.1, 30, 32.2, 32.6, 32.1, 31.7, 32.5, 30.7, 30.7, 29.2, 28.1, 27.4, 26.5, 26, 25.7, 25.2, 25, 24.5, 24.1, 23.8, 23.5, 23.3, 23.3, 23.2, 23.2, 23.1, 22.8, 22.6, 22.3, 22, 21.8, 21.9, 22, 22, 22, 21.9, 21.9, 22.1, 22.4, 23.2, 24.3, 25.1, 26.5, 28.3, 29.5, 30.5, 31.6, 32, 32.3, 31.7, 31, 29.8, 29.7, 29.6, 28.5, 29, 28.9, 28.2, 27.2, 26.3, 25.6, 24.9, 24.5, 24.1, 23.9, 23.6, 23.5, 23.4, 23.2, 23.1, 22.9, 22.8, 22.6, 22.6, 22.6, 22.5, 22.4, 22.4, 22.4, 22.3, 22.3, 22.2, 22.1, 22, 22.1, 22.2, 22.5, 22.5, 22.2, 22.3, 22.6, 23.1, 23.5, 25, 26, 25.1, 25.2, 25.6, 25, 25.3, 25.1, 25.2, 25.6, 25.8, 25.8, 25, 24.5, 24, 23.5, 23.2, 23, 22.9, 22.7, 22.6, 22.5, 22.4, 22.4, 22.3, 22.2, 22.2, 22.1, 22.1, 22.1, 22.1, 22, 22, 22, 21.9, 21.9, 21.8, 21.8, 21.8, 21.7, 22, 22.3, 22.8, 23.2, 23.6, 23.9, 24.5, 25, 25.6, 26.5, 27.1, 28.1, 31.1, 31.4, 30.3, 31.8, 32.1, 31.8, 31.3, 30, 29.5, 27.8, 26.9, 26.1, 25.5, 24.8, 24.4, 24.2, 24.1, 23.8, 23.7, 23.6, 23.5, 23.5, 23.4, 23.2, 23.1, 23, 22.8, 22.8, 22.8, 22.7, 22.6, 22.6, 22.6, 22.4, 22.3, 22.3, 22.4, 23, 24.2, 24.9, 26.1, 26.1, 27.5, 27.7, 28, 30.9, 29.9, 29.3, 30.4, 31.4, 30.7, 29.1, 29.9, 30.2, 29.1, 28.1, 28.2, 27.2, 26.5, 25.9, 25.6, 24.7, 24.1, 23.7, 23.4, 23.1, 23, 22.9, 22.8, 22.7, 22.6, 22.5, 22.4, 22.4, 22.2, 22.1, 22.2, 22.2, 22.2, 22.2, 22.1, 22.1, 22.1, 22.1, 22.2, 22.4, 22.9, 23.2, 24.3, 26.3, 26.9, 27.2, 28.2, 28.5, 28.9, 30.9, 29.3, 30.1, 29.9, 28.3, 26.8, 25.9, 26, 26.7, 25.8, 25.1, 24.6, 24.1, 23.8, 23.5, 23.4, 23.3, 23.2, 23.1, 23, 22.9, 22.7, 22.4, 22.2, 22, 21.9, 21.7, 21.7, 21.6, 21.6, 21.6, 21.5, 21.5, 21.5, 21.4, 21.3, 21.4, 21.9, 21.7, 21.5, 21.4, 21.5, 21.4, 21.2, 21.8, 22.1, 22.7, 23.5, 23.6, 24.4, 24, 23.4, 24.9, 25.6, 24.5, 23.9, 23.4, 23.2, 23, 22.8, 22.6, 22.5, 22.4, 22.3, 22.3, 22.2, 22.2, 22.2, 22.2, 22.1, 21.9, 21.9, 21.8, 21.6, 21.5, 21.4, 21.3, 21.1, 21, 20.9, 20.8, 20.7, 20.7, 20.8, 20.8, 21.2, 22.6, 23.2, 25, 24.6, 26.9, 28.3, 28, 28, 26.9, 28.4, 25.5, 26.4, 27.6, 28.5, 30.2, 30.7, 29.6, 29.1, 28.7, 27.8, 26.9, 25.7, 25.1, 24.9, 24.8, 24.3, 24, 23.6, 23.3, 23, 22.9, 22.7, 22.5, 22.4, 22.3, 22.2, 21.9, 21.8, 21.7, 21.7, 21.7, 21.6, 21.6, 21.5, 21.6, 21.6, 21.7, 21.9, 22.3, 22.5, 23.4, 24.5, 25, 25.2, 26.1, 29.1, 30.2, 31, 30.8, 32.2, 33.3, 30.9, 29.2, 28.5, 27.6, 25.8, 24.4, 23.7, 23.4, 23.1, 23, 22.7, 22.6, 22.6, 22.3, 22.3, 22.1, 21.9, 21.8, 21.7, 21.6, 21.6, 21.4, 21.3, 21.2, 21, 20.9, 20.9, 20.8, 20.7, 20.4, 20.2, 20.1, 20.2, 20.5, 20.8, 21, 21.8, 22.5, 22.5, 23.1, 25, 25.7, 26.1, 25.6, 25.5, 25.5, 25.2, 24.9, 25.3, 24.8, 23.9, 23.8, 24, 24.1, 24.3, 23.8, 23.2, 22.8, 22.5, 22.3, 22.1, 21.9, 21.8, 21.7, 21.5, 21.4, 21.2, 20.8, 20.4, 20.2, 20, 19.8, 19.7, 19.6, 19.5, 19.4, 19.2, 19.1, 19, 18.9, 19.6, 20.6, 22, 23.4, 23.4, 23.4, 24, 25, 28.4, 28.6, 27.8, 27.7, 28.4, 29.1, 29.9, 29.6, 30.6, 30.4, 30, 28.9, 28.5, 27.4, 26.1, 25.3, 24.5, 23.9, 23.6, 23.3, 23.2, 22.7, 22.8, 22.5, 22.4, 22.3, 22.3, 22, 21.8, 21.7, 21.6, 21.6, 21.6, 21.4, 21.1, 20.8, 20.8, 20.7, 20.9, 21, 21.2, 21.7, 22.3, 23.7, 25.7, 25.4, 25.8, 28.6, 30.3, 31.3, 31.6, 32.9, 32.3, 32.2, 32.7, 33.2, 32.3, 31.8, 30.6, 30.2, 28.9, 28.2, 27.2, 26, 25.2, 24.7, 24.4, 23.9, 23.4, 23.6, 23.2, 22.8, 22.4, 22.3, 22, 21.7, 21.5, 21.3, 21.1, 20.9, 20.8, 20.7, 20.5, 20.3, 20.2, 20, 19.9, 19.8, 20.2, 21, 22.6, 24.4, 26.1, 27.7, 29.2, 30.4, 30.4, 30.8, 32.7, 33.8, 33.4, 34.2, 34.3, 33.8, 33.3, 32.9, 32, 31, 29.2, 27.9, 27.2, 26.2, 25.4, 24.7, 24.1, 23.7, 23.2, 22.9, 22.8, 22.5, 22.4, 22.2, 21.9, 21.7, 21.4, 21.1, 20.8, 20.6, 20.4, 20.2, 20.2, 19.9, 19.7, 19.6, 19.7, 19.5, 19.7, 20.4, 22.2, 23.2, 25.2, 26.4, 27.9, 29.2, 28.9, 27.6, 29.1, 30.6, 32.4, 31.6, 33.2, 32, 32.6, 31.9, 31.1, 30.3, 29.4, 28.1, 27.5, 26.1, 25.1, 24.4, 24, 23.7, 23.4, 23.4, 23.2, 22.9, 22.6, 22.2, 21.8, 21.5, 21.6, 21.4, 21, 20.7, 20.4, 20.3, 20.4, 20.3, 20.3, 20.2, 20.2, 19.9, 20.3, 20.7, 21.8, 23.8, 25.3, 26.8, 27.2, 29.8, 29.5, 31.2, 29.8, 31.8, 30.7, 30.4, 31.8, 32.9, 32.5, 29.1, 28.4, 27.9, 28, 27.3, 26.4, 25.2, 24.3, 23.6, 23, 22.6, 22.2, 22.1, 21.8, 21.8, 21.8, 21.8, 21.7, 21.5, 21.4, 21.3, 21.6, 21.7, 21.7, 21.8, 21.4, 21, 20.8, 20.6, 20.3, 20.3, 20.8, 22.1, 23.5, 25, 26.1, 27.3, 26.6, 27.5, 29.5, 29.4, 28.8, 26.5, 25.7, 27.3, 30.6, 29.3, 30.1, 29.9, 27.2, 27.7, 27.5, 26.4, 25.7, 24.8, 24.2, 23.7, 23.3, 23, 22.8, 22.8, 22.8, 22.7, 22.7, 22.6, 22.3, 22.2, 22, 21.8, 21.7, 21.6, 21.3, 21.1, 20.9, 20.7, 20.6, 20.4, 20.3, 20.3, 21.2, 21.8, 22.9, 24.6, 26.4, 27.8, 29.1, 30.8, 32.1, 32.2, 29.4, 33, 34, 34.3, 33.2, 32.2, 30.8, 29.8, 30, 30.4, 30.1, 29.2, 28.3, 27.2, 26.3, 25.9, 25.4, 24.9, 24.6, 24.4, 24.3, 24.2, 24.2, 24.1, 23.9, 23.7, 23.4, 23.1, 22.9, 22.7, 22.5, 22.3, 22.1, 21.9, 21.8, 21.6, 21.4, 21.4, 22, 23.2, 24.6, 25.9, 27.2, 28.4, 29.7, 30.9, 32, 33.4, 33.5, 32.3, 34.6, 35.2, 33.3, 32.6, 34.2, 33.9, 33.3, 32.6, 31.7, 30.5, 29.4, 28.2, 27.4, 26.9, 26.6, 26.4, 26, 25.2, 24.8, 24.4, 24.1, 24.2, 24.2, 24.2, 23.9, 23.7, 23.4, 23.3, 23.1, 22.8, 22.6, 22.3, 22.1, 21.9, 21.7, 21.6, 22.3, 23.4, 24.6, 25.9, 27.1, 28.8, 26.4, 26.4, 26.7, 27, 27.3, 27.6, 27.8, 27.8, 27.9, 28.2, 28.1, 28.1, 28.1, 27.9, 27.8,

27.6, 27.4, 27.3, 27.1, 26.9, 26.8, 26.6, 26.5, 26.4, 26.3, 26.2, 26.1, 25.9, 25.9, 25.8, 25.6, 25.6, 25.5, 25.4, 25.2, 25.2, 25.1, 25, 24.9, 24.8, 24.8, 24.7, 24.7, 24.8, 24.9, 25.1, 25.3, 25.6, 25.8, 26.1, 26.5, 26.8, 27.1, 27.4, 27.6, 27.9, 28, 28.2, 28.2, 28.1, 28.1, 27.9, 27.7, 27.5, 27.3, 27.1, 27, 26.8, 26.7, 26.6, 26.4, 26.4, 26.3, 26.2, 26.1, 25.9, 25.8, 25.8, 25.7, 25.6, 25.5, 25.4, 25.4, 25.3, 25.1, 25.1, 25, 24.9, 24.9, 24.8, 24.8, 24.9, 25, 25.1, 25.2, 25.5, 25.8, 26.1, 26.4, 26.7, 27.1, 27.3, 27.6, 27.6, 27.8, 28, 28.1, 28.1, 28, 27.9, 27.7, 27.6, 27.4, 27.2, 27, 26.8, 26.7, 26.6, 26.5, 26.4, 26.3, 26.2, 26.2, 26.1, 26, 25.9, 25.8, 25.7, 25.6, 25.5, 25.4, 25.4, 25.3, 25.2, 25.1, 25, 25, 25, 24.9, 25.1, 25.2, 25.3, 25.5, 25.8, 26.1, 26.4, 26.8, 27.3, 27.4, 27.6, 27.4, 27.6, 27.8, 27.8, 28, 28.1, 28.1, 27.9, 27.7, 27.5, 27.3, 27.1, 27, 26.8, 26.8, 26.6, 26.5, 26.4, 26.3, 26.2, 26.1, 26, 25.9, 25.8, 25.8, 25.7, 25.7, 25.5, 25.5, 25.4, 25.3, 25.3, 25.2, 25.2, 25.2, 25.2, 25.2, 25.4, 25.5, 25.7, 25.9, 26.2, 26.3, 26.4, 26.7, 27.1, 27.2, 27.3, 27.4, 27.5, 27.4, 27.6, 27.5, 27.6, 27.4, 27.3, 27.3, 27.2, 27, 26.9, 26.8, 26.7, 26.6, 26.5, 26.4, 26.4, 26.2, 26.1, 26.1, 25.9, 25.9, 25.8, 25.8, 25.6, 25.5, 25.5, 25.4, 25.3, 25.3, 25.2, 25.1, 25.1, 25, 25, 25, 24.9, 25, 25.2, 25.4, 25.5, 25.6, 26, 26.4, 26.8, 27.1, 27.5, 27.8, 28, 28, 28.3, 28.2, 28.1, 27.9, 27.7, 27.6, 27.4, 27.2, 27, 26.9, 26.7, 26.6, 26.5, 26.4, 26.3, 26.1, 26.1, 26, 25.9, 25.9, 25.8, 25.7, 25.6, 25.5, 25.5, 25.4, 25.3, 25.3, 25.2, 25.1, 25, 25, 24.9, 24.9, 24.9, 24.8, 24.8, 24.7, 24.6, 24.7, 24.7, 24.6, 24.5, 24.5, 24.4, 24.5, 24.6, 24.8, 25, 25.3, 25.6, 25.9, 26.1, 26.5, 26.9, 27.3, 27.6, 27.9, 28.1, 28.1, 28.2, 28.1, 28, 27.9, 27.7, 27.6, 27.3, 27.2, 27, 26.9, 26.7, 26.6, 26.5, 26.4, 26.4, 26.3, 26.2, 26.1, 26, 26, 25.9, 25.8, 25.7, 25.6, 25.6, 25.5, 25.5, 25.4, 25.3, 25.2, 25.2, 25.2, 25.2, 25.2, 25.4, 25.5, 25.7, 25.9, 26.2, 26.6, 26.7, 27, 27.1, 27.2, 27.6, 27.7, 27.6, 27.6, 27.4, 27.3, 27.1, 26.9, 26.8, 26.7, 26.6, 26.6, 26.5, 26.4, 26.3, 26.2, 26.2, 26.1, 26, 26, 25.9, 25.8, 25.8, 25.7, 25.6, 25.6, 25.5, 25.4, 25.4, 25.4, 25.4, 25.3, 25.2, 25.2, 25.2, 25.1, 25.1, 25.2, 25.2, 25.3, 25.4, 25.7, 25.7, 25.7, 25.8, 26, 26.1, 26.2, 26.3, 26.4, 26.6, 26.7, 26.8, 26.9, 27, 27, 26.9, 26.8, 26.7, 26.6, 26.5, 26.4, 26.2, 26.1, 26, 26, 26, 25.9, 25.8, 25.7, 25.7, 25.6, 25.6, 25.5, 25.4, 25.4, 25.4, 25.4, 25.3, 25.3, 25.3, 25.2, 25.2, 25.2, 25.2, 25.2, 25.2, 25.2, 25.2, 25.1, 25.2, 25.4, 25.7, 26, 25.8, 25.8, 25.7, 25.8, 26, 26, 25.9, 25.9, 25.9, 25.9, 25.9, 25.8, 25.7, 25.6, 25.5, 25.5, 25.4, 25.4, 25.3, 25.2, 25.1, 25.1, 25.1, 25, 24.9, 24.9, 24.9, 24.8, 24.8, 24.7, 24.7, 24.6, 24.5, 24.5, 24.5, 24.4, 24.4, 24.3, 24.3, 24.5, 24.5, 24.6, 24.7, 24.9, 25, 25.3, 25.6, 25.8, 26, 26.3, 26.4, 26.4, 26.4, 26.5, 26.6, 26.5, 26.5, 26.4, 26.4, 26.3, 26.2, 26.1, 26, 25.9, 25.8, 25.7, 25.6, 25.5, 25.4, 25.4, 25.3, 25.2, 25.1, 25.1, 25, 24.9, 24.9, 24.8, 24.8, 24.7, 24.6, 24.6, 24.5, 24.4, 24.4, 24.3, 24.3, 24.4, 24.5, 24.6, 24.7, 24.9, 25.1, 25.4, 25.5, 25.7, 26, 26.3, 26.4, 26.7, 26.7, 26.8, 26.9, 26.9, 26.9, 26.8, 26.7, 26.5, 26.4, 26.3, 26.1, 26, 25.9, 25.8, 25.6, 25.5, 25.5, 25.4, 25.3, 25.2, 25.1, 25, 24.9, 24.8, 24.7, 24.6, 24.5, 24.4, 24.4, 24.3, 24.3, 24.2, 24.1, 24, 24, 24, 24.1, 24.2, 24.2, 24.4, 24.5, 24.7, 24.9, 25.1, 25.3, 25.5, 25.7, 25.9, 26, 26.1, 26.1, 26.1, 26.1, 25.9, 25.8, 25.8, 25.6, 25.4, 25.3, 25.2, 25.1, 25, 24.8, 24.8, 24.7, 24.6, 24.5, 24.4, 24.4, 24.3, 24.3, 24.1, 24.1, 24, 24, 23.9, 23.8, 23.8, 23.7, 23.7, 23.6, 23.5, 23.5, 23.5, 23.6, 23.7, 23.8, 23.9, 24.1, 24.3, 24.5, 24.7, 24.9, 24.8, 24.7, 24.9, 25.2, 25.4, 25.5, 25.6, 25.6, 25.5, 25.4, 25.2, 25.1, 24.9, 24.8, 24.7, 24.6, 24.5, 24.4, 24.4, 24.3, 24.2, 24.2, 24.1, 24, 24, 23.9, 23.9, 23.8, 23.7, 23.7, 23.7, 23.6, 23.6, 23.6, 23.5, 23.5, 23.5, 23.5, 23.6, 23.7, 23.8, 24.1, 24.4, 24.7, 24.9, 25, 25.1, 25.1, 25.1, 25.2, 25.3, 25.5, 25.6, 25.6, 25.6, 25.6, 25.6, 25.5, 25.4, 25.3, 25.1, 25, 25, 24.9, 24.8, 24.7, 24.6, 24.6, 24.4, 24.4, 24.4, 24.3, 24.2, 24.2, 24.1, 24.1, 24, 24, 23.9, 23.9, 23.8, 23.8, 23.8, 23.7, 23.7, 23.7, 23.8, 23.9, 24.2, 24.5, 24.8, 25.1, 25.3, 25.5, 25.8, 26, 26.1, 26.3, 26.4, 26.2, 26.2, 26.2, 26.3, 26.2, 26.1, 26, 26, 25.9, 25.8, 25.7, 25.6, 25.5, 25.4, 25.3, 25.2, 25.1, 25, 25, 24.9, 24.9, 24.8, 24.8, 24.7, 24.6, 24.6, 24.6, 24.5, 24.4, 24.4, 24.4, 24.3, 24.3, 24.2, 24.2, 24.2, 24.4, 24.5, 24.8, 25.1, 25.4, 25.6, 26, 26.3, 26.5, 26.6, 26.8, 27.1, 27, 27.1, 27.3, 27.4, 27.3, 27.2, 27, 26.8, 26.6, 26.5, 26.3, 26.1, 26, 25.9, 25.9, 25.7, 25.7, 25.6, 25.5, 25.4, 25.4, 25.3, 25.3, 25.2, 25.1, 25.1, 25, 25, 24.9, 24.8, 24.8, 24.8, 24.7, 24.8, 24.7, 24.7, 24.8, 25.1, 25.5, 25.8, 26.1, 26.4, 26.7, 27.2, 27.3, 27.5, 27.7, 27.9, 28, 28.1, 28.1, 28.1, 28, 27.9, 27.8, 27.7, 27.4, 27.3, 27.1, 27, 26.8, 26.7, 26.6, 26.5, 26.4, 26.4, 26.3, 26.2, 26.1, 26.1, 26, 25.9, 25.8, 25.7, 25.7, 25.6, 25.5, 25.5, 25.4, 25.4, 25.3, 25.2, 25.2, 25.2, 25.3, 25.3, 25.4, 25.4, 25.5, 25.8, 26.1, 26.3, 26.7, 26.8, 27.3, 27.3, 27.7, 27.7, 28, 28.2, 28.1, 28.1, 28, 27.9, 27.8, 27.5, 27.3, 27.1, 27, 26.8, 26.6, 26.5, 26.4, 26.3, 26.2, 26.1, 25.9, 25.8, 25.8, 25.7, 25.6, 25.6, 25.4, 25.4, 25.3, 25.3, 25.2, 25.2, 25.1, 25.1, 25.1, 25, 25.1, 25.2, 25.4, 25.5, 25.5, 25.8, 25.9, 26.1, 26.5, 26.7, 26.9, 27.1, 27.2, 27.4, 27.4, 27.2, 27.1, 27, 26.9, 26.8, 26.7, 26.5, 26.4, 26.2, 26.1, 26, 25.9, 25.9, 25.8, 25.7, 25.7, 25.6, 25.5, 25.4, 25.3, 25.2, 25.2, 25.1, 25.1, 25, 24.9, 24.8, 24.8, 24.7, 24.6, 24.6, 24.6, 24.6, 24.6, 24.7, 24.8, 25, 25.2, 25.4, 25.6, 25.8, 25.9, 25.8, 26, 26.3, 26.5, 26.5, 26.6, 26.5, 26.4, 26.3, 26.1, 26, 25.9, 25.8, 25.7, 25.5, 25.5, 25.4, 25.3, 25.2, 25.2

25.2, 25.2, 25.1, 25.1, 25.1, 25, 24.9, 24.9, 24.9, 24.8, 24.8, 24.7, 24.7, 24.7, 24.6, 24.6, 24.5, 24.5,
24.5, 24.5, 24.5, 24.6, 24.7, 24.8, 24.9, 25, 25.2, 25.4, 25.5, 25.6, 25.8, 25.9, 25.9, 25.9, 26, 26, 26,
25.9, 25.8, 25.7, 25.7, 25.6, 25.5, 25.4, 25.3, 25.3, 25.2, 25.2, 25.1, 25, 25, 25, 24.9, 24.8, 24.7, 24.7,
24.7, 24.6, 24.6, 24.6, 24.5, 24.4, 24.3, 24.3, 24.2, 24.2, 24.2, 24.1, 24.1, 24.1, 24.2, 24.3, 24.5, 24.6,
24.8, 24.9, 25.1, 25.2, 25.4, 25.5, 25.6, 25.6, 25.7, 25.7, 25.7, 25.6, 25.6, 25.5, 25.4, 25.4, 25.3, 25.2,
25.2, 25.1, 25.1, 25, 25, 24.9, 24.9, 24.9, 24.8, 24.7, 24.7, 24.7, 24.6, 24.6, 24.5, 24.5, 24.4, 24.4, 24.3,
24.3, 24.3, 24.2, 24.2, 24.2, 24.2, 24.2, 24.2, 24.2, 24.2, 24.3, 24.3, 24.3, 24.3, 24.4, 24.5, 24.6, 24.7, 24.9,
25, 25.1, 25.2, 25.2, 25.2, 25.1, 25.1, 25.1, 25, 25, 24.9, 24.9, 24.8, 24.9, 24.8, 24.8, 24.7, 24.7, 24.7,
24.7, 24.6, 24.5, 24.5, 24.5, 24.4, 24.4, 24.4, 24.3, 24.3, 24.2, 24.3, 24.2, 24.2, 24.1, 24.1, 24.2, 24.2,
24.4, 24.6, 24.7, 25, 25.2, 25.4, 25.6, 25.8, 26.1, 26, 25.9, 25.8, 25.8, 25.8, 25.9, 25.8, 25.8, 25.6, 25.6,
25.5, 25.4, 25.3, 25.3, 25.3, 25.2, 25.1, 25.1, 25.1, 25.1, 25, 25, 25, 24.9, 24.8, 24.8, 24.8, 24.7, 24.7,
24.7, 24.6, 24.5, 24.5, 24.5, 24.4, 24.4, 24.4, 24.5, 24.4, 24.5, 24.6, 24.6, 24.7, 24.8, 24.9, 25, 25.1,
25.3, 25.5, 25.7, 25.8, 25.9, 25.9, 26, 26, 25.9, 25.9, 25.8, 25.8, 25.7, 25.7, 25.6, 25.6, 25.5, 25.5, 25.4,
25.4, 25.3, 25.3, 25.2, 25.2, 25.1, 25.1, 25, 25, 24.9, 24.9, 24.9, 24.8, 24.8, 24.7, 24.7, 24.7, 24.7, 24.7,
24.7, 24.8, 24.9, 24.9, 25.1, 25.2, 25.4, 25.4, 25.5, 25.7, 25.8, 25.9, 26, 26.1, 26.1, 26.1, 26.2, 26.1, 26,
26, 25.8, 25.8, 25.7, 25.7, 25.6, 25.6, 25.5, 25.4, 25.4, 25.4, 25.4, 25.3, 25.2, 25.1, 25.1, 25, 25, 25,
24.9, 24.8, 24.7, 24.7, 24.7, 24.7, 24.6, 24.6, 24.6, 24.6, 24.6, 24.6, 24.6, 24.6, 24.7, 24.8, 24.9, 25.1,
25.1, 25.3, 25.5, 25.6, 25.7, 25.8, 25.8, 25.9, 25.9, 25.9, 25.8, 25.8, 25.7, 25.6, 25.6, 25.5, 25.4, 25.4,
25.3, 25.3, 25.1, 25.1, 25.1, 25.1, 25, 24.9, 24.9, 24.8, 24.7, 24.6, 24.7, 24.6, 24.6, 24.5, 24.5, 24.5,
24.4, 24.5, 24.4, 24.4, 24.4, 24.3, 24.3, 24.4, 24.4, 24.4, 24.5, 24.6, 24.8, 24.9, 25, 25.2, 25.3, 25.5,
25.6, 25.6, 25.6, 25.6, 25.6, 25.5, 25.4, 25.4, 25.3, 25.2, 25.2, 25.1, 25.1, 25, 25, 24.9, 24.8, 24.8, 24.7,
24.7, 24.6, 24.6, 24.5, 24.5, 24.4, 24.3, 24.3, 24.2, 24.2, 24.1, 24.1, 24.1, 24, 24, 24, 24.1, 24.2, 24.4,
24.5, 24.6, 24.7, 24.8, 25, 25.2, 25.3, 25.4, 25.5, 25.6, 25.6, 25.7, 25.7, 25.7, 25.6, 25.6, 25.5, 25.4,
25.4, 25.4, 25.3, 25.2, 25.2, 25.1, 25, 24.9, 24.9, 24.8, 24.7, 24.6, 24.5, 24.5, 24.4, 24.4, 24.4, 24.3,
24.2, 24.1, 24.1, 24, 24, 23.9, 23.9, 23.9, 24, 24, 24, 24.1, 24.2, 24.5, 24.5, 24.7, 24.7, 24.8, 25, 25,
25, 25.1, 25.2, 25.2, 25.2, 25.1, 25.1, 25, 25, 24.9, 24.8, 24.8, 24.8, 24.7, 24.6, 24.6, 24.5, 24.5, 24.4,
24.3, 24.3, 24.2, 24.2, 24.1, 24, 24, 23.9, 23.9, 23.9, 23.8, 23.7, 23.7, 23.6, 23.6, 23.6, 23.6, 23.6, 23.7,
23.7, 23.7, 23.9, 23.9, 23.9, 24, 24.1, 24.2, 24.2, 24.3, 24.3, 24.3, 24.2, 24.2, 24.1, 24.2, 24, 24, 24,
23.9, 23.9, 23.8, 23.8, 23.7, 23.7, 23.6, 23.6, 23.6, 23.6, 23.5, 23.5, 23.4, 23.3, 23.3, 23.2, 23.2, 23.2,
23.1, 23.1, 23, 23, 23, 23, 22.9, 22.9, 22.9, 22.9, 22.9, 23, 23, 23.2, 23.3, 23.4, 23.5, 23.6, 23.8, 23.9,
23.9, 24, 24.1, 24, 24, 24, 24, 23.9, 23.9, 23.8, 23.8, 23.8, 23.7, 23.7, 23.6, 23.6, 23.6, 23.5, 23.5,
23.5, 23.4, 23.4, 23.3, 23.3, 23.3, 23.2, 23.2, 23.2, 23.1, 23.2, 23.1, 23.1, 23.1, 23.1, 23, 23, 23, 23.1,
23, 23.1, 23.1, 23.2, 23.3, 23.5, 23.6, 23.7, 23.7, 23.8, 23.8, 23.9, 23.9, 23.9, 24, 24, 23.9, 23.9, 23.8,
23.8, 23.7, 23.7, 23.7, 23.6, 23.6, 23.5, 23.5, 23.5, 23.4, 23.4, 23.3, 23.3, 23.2, 23.2, 23.2, 23.2, 23.1,
23, 23, 23, 23, 23, 22.9, 22.9, 22.9, 22.9, 23, 23.1, 23.1, 23.2, 23.2, 23.3, 23.5, 23.7, 23.8, 23.9, 24,
24.1, 24.3, 24.3, 24.4, 24.4, 24.4, 24.3, 24.4, 24.3, 24.2, 24.2, 24.1, 24.1, 24, 24, 23.9, 23.9, 23.9, 23.8,
23.7, 23.7, 23.7, 23.7, 23.6, 23.5, 23.5, 23.4, 23.4, 23.3, 23.2, 23.2, 23.2, 23.1, 23.1, 23, 23, 23, 23,
23, 23.1, 23.1, 23.3, 23.4, 23.5, 23.7, 23.8, 23.9, 24.1, 24.2, 24.3, 24.3, 24.3, 24.3, 24.3, 24.2, 24.2, 24.1, 24, 24,
24.3, 24.3, 24.2, 24.1, 24, 24, 23.9, 23.9, 23.8, 23.7, 23.7, 23.6, 23.5, 23.5, 23.4, 23.3, 23.3,
23.2, 23.1, 23.1, 23.1, 23, 22.9, 22.9, 22.8, 22.7, 22.7, 22.7, 22.6, 22.6, 22.7, 22.7, 22.8, 22.9, 23.1,
23.3, 23.5, 23.7, 23.7, 23.9, 23.9, 24.1, 24.2, 24.2, 24.3, 24.3, 24.3, 24.3, 24.3, 24.3, 24.2, 24.2, 24.1, 24, 24,
23.9, 23.8, 23.8, 23.7, 23.7, 23.6, 23.5, 23.5, 23.4, 23.4, 23.4, 23.3, 23.2, 23.1, 23, 23, 23, 23, 22.9,
22.8, 22.8, 22.7, 22.7, 22.7, 22.7, 22.8, 22.9, 23.1, 23.1, 23.3, 23.5, 23.6, 23.8, 23.9, 24.1, 24.2, 24.3,
24.4, 24.4, 24.5, 24.5, 24.5, 24.4, 24.3, 24.3, 24.2, 24.1, 24.1, 24, 23.9, 23.9, 23.8, 23.7, 23.7, 23.6,
23.6, 23.5, 23.4, 23.4, 23.3, 23.3, 23.2, 23.2, 23.1, 23, 23, 22.9, 22.9, 22.9, 22.8, 22.8, 22.8, 22.9, 23,
23.1, 23.2, 23.3, 23.4, 23.5, 23.7, 23.9, 24.1, 24.2, 24.3, 24.4, 24.6, 24.6, 24.7, 24.6, 24.6, 24.6, 24.5,
24.4, 24.4, 24.3, 24.2, 24.2, 24.1, 24.1, 24, 23.9, 23.8, 23.8, 23.7, 23.6, 23.5, 23.5, 23.5, 23.4, 23.3,
23.3, 23.2, 23.2, 23.1, 23.1, 23, 23, 23, 23, 23, 23, 23, 23, 23.2, 23.3, 23.4, 23.6, 23.8, 23.9, 24.1, 24.2,
24.2, 24.3, 24.5, 24.6, 24.7, 24.8, 24.8, 24.8, 24.8, 24.7, 24.7, 24.6, 24.5, 24.5, 24.4, 24.3, 24.2, 24.2,
24.1, 24, 24, 23.9, 23.8, 23.7, 23.7, 23.6, 23.6, 23.5, 23.5, 23.4, 23.3, 23.2, 23.1, 23.1, 23.1, 23, 23,
23, 23, 23.1, 23.2, 23.3, 23.4, 23.6, 23.8, 23.9, 24.1, 24.2, 24.4, 24.5, 24.5, 24.6, 24.6, 24.6, 24.6, 24.6,
24.4, 24.3, 24.3, 24.2, 24.1, 24, 23.9, 23.8, 23.8, 23.7, 23.6, 23.6, 23.5, 23.4, 23.3, 23.2, 23.3, 23.2,
23.1, 23.1, 23, 23, 22.9, 22.9, 22.8, 22.8, 22.8, 22.7, 22.6, 22.7, 22.7, 22.8, 22.8, 22.9, 23, 23.1, 23.3,
23.4, 23.6, 23.7, 23.9, 23.9, 24, 24.1, 24.1, 24.2, 24.1, 24.1, 24, 23.9, 23.8, 23.7, 23.7, 23.7, 23.6, 23.5,
23.5, 23.4, 23.4, 23.4, 23.3, 23.2, 23.1, 23.1, 23, 23, 22.9, 22.9, 22.8, 22.8, 22.8, 22.7, 22.7, 22.7, 22.6, 22.6,

22.5, 22.5, 22.5, 22.5, 22.6, 22.6, 22.7, 22.8, 22.9, 23, 23.1, 23.3, 23.4, 23.5, 23.6, 23.7, 23.8, 23.7,
 23.8, 23.7, 23.7, 23.6, 23.5, 23.5, 23.4, 23.4, 23.4, 23.3, 23.2, 23.2, 23.2, 23.1, 23.1, 23, 22.9, 22.9,
 22.9, 22.8, 22.8, 22.7, 22.7, 22.6, 22.6, 22.5, 22.5, 22.4, 22.4, 22.3, 22.3, 22.3, 22.2, 22.2, 22.3, 22.3,
 22.4, 22.4, 22.5, 22.6, 22.7, 22.8, 22.9, 23, 23.1, 23.1, 23.2, 23.2, 23.2, 23.2, 23.2, 23.1, 23.1, 23.1, 23,
 23, 22.9, 22.9, 22.8, 22.8, 22.7, 22.7, 22.6, 22.6, 22.5, 22.5, 22.4, 22.4, 22.4, 22.3, 22.3, 22.2, 22.2,
 22.1, 22.1, 22, 22, 21.9, 21.9, 21.9, 21.9, 21.9, 21.9, 22, 22.1, 22.1, 22.2, 22.3, 22.4, 22.5, 22.6, 22.8,
 22.9, 22.9, 23, 23.1, 23.1, 23.1, 23.1, 23, 23, 22.9, 22.9, 22.9, 22.9, 22.8, 22.8, 22.7, 22.7, 22.6, 22.6,
 22.5, 22.4, 22.5, 22.4, 22.3, 22.3, 22.3, 22.2, 22.2, 22.1, 22.1, 22.1, 22.1, 22, 22, 22, 22, 21.9, 22, 22,
 22.1, 22.2, 22.3, 22.5, 22.6, 22.8, 22.9, 23.1, 23.3, 23.4, 23.5, 23.6, 23.7, 23.7, 23.7, 23.6, 23.6, 23.5,
 23.5, 23.3, 23.3, 23.3, 23.2, 23.1, 23.1, 23, 22.9, 22.9, 22.8, 22.8, 22.7, 22.7, 22.6, 22.6, 22.6, 22.5,
 22.5, 22.4, 22.4, 22.3, 22.3, 22.2, 22.2, 22.2, 22.1, 22.1, 22.2, 22.2, 22.3, 22.4, 22.5, 22.7, 22.8, 23,
 23.2, 23.4, 23.5, 23.7, 23.8, 23.9, 24, 24, 24, 24, 23.9, 23.8, 23.8, 23.7, 23.6, 23.5, 23.5, 23.4, 23.4,
 23.3, 23.3, 23.2, 23.2, 23.1, 23, 23, 22.9, 22.8, 22.9, 22.8, 22.7, 22.7, 22.7, 22.6, 22.5, 22.5, 22.4, 22.4,
 22.4, 22.3, 22.4, 22.5, 22.5, 22.7, 22.8, 22.9, 23, 23.2, 23.3, 23.4, 23.6, 23.7, 23.8, 23.9, 23.9, 23.9,
 23.9, 23.9, 23.9, 23.8, 23.7, 23.7, 23.6, 23.6, 23.5, 23.5, 23.4, 23.3, 23.3, 23.2, 23.1, 23.1, 23, 23, 22.9,
 22.8, 22.8, 22.7, 22.7, 22.6, 22.6, 22.6, 22.5, 22.5, 22.4, 22.4, 22.4, 22.4, 22.4, 22.4, 22.4, 22.5, 22.5, 22.6, 22.7,
 22.8, 22.9, 23.1, 23.2, 23.4, 23.5, 23.6, 23.7, 23.7, 23.8, 23.8, 23.8, 23.8, 23.7, 23.7, 23.6, 23.6, 23.5,
 23.4, 23.4, 23.3, 23.3, 23.2, 23.1, 23.1, 23.1, 23, 22.9, 22.8, 22.8, 22.7, 22.7, 22.6, 22.6, 22.5, 22.5,
 22.4, 22.3, 22.3, 22.3, 22.2, 22.2, 22.2, 22.2, 22.2, 22.2, 22.3, 22.3, 22.4, 22.6, 22.6, 22.7, 22.9, 23, 23.1,
 23.2, 23.3, 23.4, 23.4, 23.4, 23.4, 23.3, 23.3, 23.2, 23.2, 23.1, 23, 23, 23, 22.9, 22.9, 22.8, 22.7, 22.7,
 22.6, 22.6, 22.5, 22.5, 22.5, 22.4, 22.4, 22.3, 22.2, 22.2, 22.2, 22.2, 22.1, 22.1, 22, 22, 22, 22, 22, 22,
 22.1, 22.1, 22.3, 22.4, 22.5, 22.6, 22.8, 22.9, 23, 23.1, 23.2, 23.3, 23.3, 23.3, 23.3, 23.3, 23.3, 23.2,
 23.2, 23.2, 23.1, 23.1, 23.1, 23.1, 23.1, 23, 23, 23, 22.9, 23, 22.9, 22.8, 22.8, 22.8, 22.8, 22.7, 22.7,
 22.6, 22.6, 22.6, 22.5, 22.5, 22.4, 22.4, 22.4, 22.4, 22.4, 22.5, 22.5, 22.6, 22.7, 22.9, 23.1, 23.2, 23.4,
 23.5, 23.7, 23.8, 23.8, 23.8, 23.8, 23.8, 23.8, 23.7, 23.7, 23.7, 23.6, 23.6, 23.6, 23.5, 23.5, 23.5,
 23.5, 23.4, 23.4, 23.4, 23.3, 23.3, 23.3, 23.2, 23.2, 23.2, 23.2, 23.1, 23.1, 23, 23, 23, 22.9, 22.9, 22.9,
 22.8, 22.8, 22.8, 22.8, 22.9, 22.8, 22.8, 22.9, 22.9, 23, 23.1, 23.1, 23.1, 23.2, 23.3, 23.3, 23.3, 23.3,
 23.2, 23.2, 23.2, 23.1, 23, 23, 22.9, 22.9, 22.8, 22.8, 22.7, 22.7, 22.6, 22.5, 22.5, 22.5, 22.4, 22.3, 22.4,
 22.3, 22.2, 22.2, 22.1, 22.1, 22, 22, 21.9, 21.9, 21.8, 21.8, 21.8, 21.7, 21.8, 21.8, 21.8, 21.9, 21.9, 22,
 22.1, 22.2, 22.3, 22.4, 22.4, 22.5, 22.5, 22.6, 22.5, 22.6, 22.5, 22.5, 22.4, 22.4, 22.3, 22.3, 22.1, 22.1,
 22.1, 22, 22, 22, 22, 21.9, 21.8, 21.8, 21.8, 21.7, 21.7, 21.6, 21.6, 21.6, 21.5, 21.4, 21.4, 21.4, 21.3,
 21.3, 21.3, 21.2, 21.2, 21.2, 21.2, 21.2, 21.2, 21.3, 21.4, 21.4, 21.5, 21.6, 21.6, 21.7, 21.8, 21.9, 21.9,
 22, 22, 22, 22, 22, 21.9, 21.8, 21.8, 21.8, 21.7, 21.6, 21.6, 21.6, 21.5, 21.5, 21.5, 21.4, 21.4, 21.3, 21.3,
 21.2, 21.2, 21.2, 21.1, 21.1, 21, 21, 21, 20.9, 20.9, 20.8, 20.8, 20.8, 20.7, 20.7, 20.7, 20.8, 20.8, 20.8,
 20.9, 21, 21, 21.1, 21.2, 21.3, 21.4, 21.5, 21.5, 21.6, 21.6, 21.6, 21.6, 21.5, 21.5, 21.5, 21.4, 21.4, 21.3,
 21.3, 21.3, 21.3, 21.2, 21.1, 21.1, 21, 21, 21, 20.9, 20.9, 20.9, 20.8, 20.8, 20.7, 20.7, 20.6, 20.6, 20.6,
 20.5, 20.5, 20.5, 20.5, 20.5, 20.5, 20.5, 20.5, 20.6, 20.6, 20.7, 20.8, 20.9, 21, 21.1, 21.2, 21.3, 21.4,
 21.5, 21.5, 21.6, 21.6, 21.6, 21.6, 21.5, 21.5, 21.4, 21.4, 21.3, 21.2, 21.2, 21.1, 21.1, 21, 21.1, 21, 21.1, 21, 21,
 21, 20.9, 20.9, 20.8, 20.8, 20.8, 20.7, 20.7, 20.6, 20.6, 20.6, 20.5, 20.5, 20.5, 20.4, 20.4, 20.4,
 20.4, 20.5, 20.6, 20.7, 20.8, 20.9, 21, 21.1, 21.2, 21.4, 21.5, 21.6, 21.5, 21.6, 21.5, 21.6, 21.6, 21.6, 21.5,
 21.5, 21.4, 21.4, 21.4, 21.4, 21.3, 21.3, 21.2, 21.1, 21.1, 21.1, 21, 20.9, 20.9, 20.9, 20.8, 20.8, 20.7,
 20.6, 20.6, 20.6, 20.5, 20.5, 20.4, 20.3, 20.4, 20.3, 20.3, 20.2, 20.3, 20.3, 20.4, 20.5, 20.6, 20.7, 20.8,
 20.9, 21, 21.1, 21.2, 21.3, 21.3, 21.4, 21.5, 21.5, 21.5, 21.5, 21.5, 21.5, 21.4, 21.4, 21.4, 21.3, 21.3,
 21.2, 21.2, 21.2, 21.1, 21.1, 21.1, 21.1, 21.1, 21, 21, 20.9, 20.9, 20.9, 20.9, 20.8, 20.8, 20.8, 20.7, 20.7,
 20.7, 20.7, 20.7, 20.7, 20.7, 20.7, 20.8, 20.9, 21, 21.1, 21.2, 21.3, 21.3, 21.4, 21.5, 21.5, 21.6,
 21.6, 21.6, 21.6, 21.6, 21.6, 21.5, 21.5, 21.5, 21.5, 21.5, 21.5, 21.4, 21.4, 21.4, 21.4, 21.4, 21.3, 21.3,
 21.3, 21.3, 21.2, 21.2, 21.2, 21.1, 21.2, 21.2, 21.1, 21.1, 21.1, 21, 21, 21, 21, 21, 21, 21, 21.1, 21.1,
 21.2, 21.3, 21.4, 21.4, 21.5, 21.6, 21.6, 21.6, 21.6, 21.6, 21.7, 21.6, 21.7, 21.6, 21.6, 21.6, 21.5, 21.4,
 21.4, 21.4, 21.3, 21.3, 21.2, 21.2, 21.2, 21.1, 21.1, 21.1 }

```

    real temperatura;
    int hora_dia;
    begin_f_loop(f, thread){
        hora_dia = t / 1800;
        temperatura = temp_diaria[hora_dia] + 273.15;
        F_PROFILE(f, thread, position) = temperatura;
    }
    end_f_loop(f, thread)
}

```