

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO



MESTRADO EM ENGENHARIA QUÍMICA

RAMO OPTIMIZAÇÃO ENERGÉTICA NA INDÚSTRIA QUÍMICA



Orientação:
Co-Orientação:





Mestrado em Engenharia Química - Otimização Energética na Indústria Química

Impacto do funcionamento do sistema AVAC nos Consumos Específicos de Energia no fabrico de Massas

Dissertação/Estágio

Daniela Cardoso

Orientador na *Cerealis*: Eng. José Carlos Gândara

Orientadoras no ISEP: Doutora Teresa Sena Esteves
Doutora Teresa Pimenta

Porto, 20 de Novembro de 2015

Agradecimentos

Os meus primeiros agradecimentos dirigem-se à empresa *Cerealis Produtos Alimentares S.A.* por me ter proporcionado a oportunidade da realização deste estágio, assim como a forma como me recebeu e acolheu, tendo para isso disponibilizado todos os meios necessários para o seu sucesso.

Um agradecimento especial ao Engenheiro José Carlos Gândara por todo o tempo despendido, pelo auxílio prestado e pela compreensão e orientação, fundamentais para que conseguisse desempenhar um bom trabalho.

Ao Engenheiro Orlando Rodrigues pelas inúmeras explicações, essenciais para que conseguisse compreender melhor alguns aspetos do meu trabalho e esclarecer dúvidas que iam surgindo.

A todos os trabalhadores da *Cerealis* pela simpatia, acolhimento e disponibilidade que demonstraram, tendo sido imprescindíveis à minha integração.

Gostaria ainda de agradecer à Doutora Olga Castro e ao Engenheiro Joaquim Monteiro do Laboratório de AVAC do Departamento de Engenharia Mecânica do Instituto Superior de Engenharia do Porto pela disponibilização do equipamento necessário para a concretização do trabalho e ainda pela prontidão em ajudar no que fosse necessário.

Às Doutoras Teresa Sena Esteve e Teresa Pimenta, do Instituto Superior de Engenharia do Porto, pelo acompanhamento ao longo destes meses, pela prontidão em clarificar todas as dúvidas e pelo auxílio prestado na elaboração deste relatório.

Por último gostaria de fazer um agradecimento geral a todos os envolvidos neste trabalho por me terem proporcionado esta magnífica experiência que me acompanhará para sempre.

Sumário

O estágio descrito por este relatório efetuou-se na fábrica *Massas 1* da empresa *Cerealis Produtos Alimentares S.A.*, situada em Águas Santas e teve como principal objetivo o estudo do impacto energético da instalação de um sistema de Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado (AVAC) nos Consumos Específicos de Energia (CEE) da fábrica.

Com o intuito de promover a familiarização com o ambiente da empresa e com o próprio processo produtivo efetuaram-se várias visitas à fábrica *Massas 1*. Acompanhou-se a produção diária realizada e o funcionamento do equipamento, e pôde-se questionar os colaboradores da fábrica sobre o processo.

Ao longo do tempo de estágio recolheram-se vários dados, nomeadamente valores de temperatura e de humidade relativa do ar da fábrica, consumos de energia elétrica e de gás natural, volumes de produção e dados relativos à qualidade da massa.

Relativamente ao CEE, fez-se uma comparação entre quatro meses abrangidos pelo presente trabalho, nos quais o novo sistema AVAC já se encontrava em funcionamento, e os meses homólogos do ano anterior. Confrontando os valores obtidos verificou-se uma diminuição de 2,6% no valor global de CEE, apresentando este um valor de 82,51 kgep/ton até ao mês de Setembro do presente ano. Analisando os valores de CEE da energia elétrica e do gás natural separadamente, constatou-se igualmente uma diminuição dos seus valores em 1,4% e 4,2%, respetivamente.

Efetuiu-se também uma comparação entre o antigo e o novo sistema AVAC no que respeita às condições de temperatura e de humidade do ar interior da fábrica. Para isso efetuaram-se medições de temperatura e de humidade relativa do ar interior da fábrica, tendo-se concluído que após a instalação do novo AVAC ocorreu uma diminuição da temperatura e um aumento da humidade relativa do ar, tal como desejado. Antes da instalação do novo AVAC a gama de temperaturas no interior da fábrica era de 32,4°C a 39,7°C e a gama de humidades de 39,7% a 58,6%. Já depois da instalação, a gama de temperaturas e de humidades passou a ser de 26,6°C a 33,5°C e de 45,8% a 59,1%, respetivamente

Realizou-se ainda uma comparação relativa à qualidade do produto final, tendo-se para isso analisado ensaios de cozedura e de teor de humidade. Desta comparação, concluiu-se que de uma forma geral houve um aumento dos teores de humidade dos diferentes tipos de massa, encontrando-se agora uma maior percentagem dentro da gama de valores pretendida que se situa entre os 11,5% e os 12,5%.

Palavras-Chave: AVAC, CEE, Temperatura, Humidade

Abstract

The internship described in this report was made in the factory *Massas 1* of the company *Cerealis Productos Alimentares SA*, located in Águas Santas, aimed to study the energy impact of installing a Heating, Ventilation and Air Conditioning (HVAC) system in Specific Energy Consumption (SEC) of the factory.

In order to promote familiarity with the business environment and the productive process itself there were made several visits to the factory *Massas 1*. There, it was possible to follow up the daily production performed and able to see firsthand the operation of the equipment, as well as questioning factory employees about the process.

During the internship time, data was collected from the equipment and products, such as values of temperature and relative humidity of the plant, electricity and natural gas consumption, production volumes and pasta quality.

Relative to the EEC, it was made a comparison between the four months covered by this work, in which the new HVAC system was already in operation, and the same months of the previous year. Comparing the values there was a decrease of 2.6% regarding the global EEC, with a value of 82.51 kgoe / ton up to September of this year. Analyzing the EEC values of electricity and natural gas separately, there was also a decrease in their values of 1.4% and 4.2%, respectively.

It was also held a comparison between the old and the new HVAC system with regard to conditions of temperature and humidity inside the factory. For this, there were made readings of the temperature and relative humidity of the air inside the factory, it was reached the conclusion that after the installation of the new HVAC occurred a decrease in temperature and an increase in relative humidity such as desired. Before installation of the new HVAC the temperature range inside the factory was from 32.4 ° C to 39.7 ° C and humidity range from 39.7% to 58.6%. Since it's installation the range of temperatures and humidities was increased to 26.6 ° C to 33.5 ° C and 45.8% and 59.1%, respectively.

It was also made a comparison on the quality of the final product, analyzing the baking tests and moisture content. From this comparison, it was concluded that in general there was an increase in humidity content of the different types of dough, and now it is in a greater percentage within the range of desired values.

Keywords: HVAC, SEC, Temperature, Humidity

Índice

1. Introdução.....	1
1.1. <i>Cerealis</i>	1
1.2. Centro de Produção da Maia.....	3
1.2.1. Semolaria.....	4
1.2.2. Fábrica de bolachas.....	4
1.2.3. Fábricas de massas.....	4
1.3. Produção na fábrica <i>Massas 1</i>	5
1.4. Fábrica <i>Massas 1</i>	8
1.4.1. Sistemas de aquecimento.....	8
1.4.2. Sistema de ventilação.....	9
1.5. Processo de secagem.....	9
1.6. Sistema AVAC.....	11
1.6.1. Funcionamento.....	12
1.6.2. Equipamentos Constituintes.....	13
1.7. Consumo Específico.....	15
1.8. Projeto do novo sistema AVAC.....	18
1.8.1. Caracterização das condições climatéricas.....	18
1.8.2. Características térmicas da envolvente.....	20
1.8.3. Definição do caudal de ar a insuflar.....	21
1.8.4. Definição do caudal mínimo de ar novo do sistema.....	21
1.9. Organização da Tese.....	24
2. Consumo Específico de Energia (CEE) na fábrica <i>Massas 1</i>	25
3. Medições de temperatura e de humidade do ar.....	29
3.1 Equipamento de medição.....	29
3.2. Locais de medição.....	30
3.3. Resultados das medições antes da instalação do novo sistema AVAC.....	32
3.4. Resultados das medições após a instalação do novo sistema AVAC.....	34
3.5. Confronto dos resultados obtidos antes e após a instalação do novo AVAC.....	36
4. Qualidade do produto.....	39
4.1. Ensaios de cozedura.....	39
4.2. Teor de humidade.....	39
5. Conclusões e sugestões para trabalhos futuros.....	43
6. Bibliografia.....	45
ANEXOS.....	47

Anexo A – Determinação dos consumos mensais de energia elétrica e de gás natural da fábrica <i>Massas 1</i>	49
Anexo A.1 – Exemplo da determinação dos consumos mensais de energia elétrica para o mês de Julho de 2015.....	49
Anexo A.2 – Exemplo da determinação dos consumos mensais de gás natural para o mês de Julho de 2015.....	52
Anexo B – Medições de temperatura e de humidade relativa do ar antes e depois da instalação do novo sistema AVAC.....	54
Anexo C – Resultados dos ensaios de cozedura e do teor de humidade	58

Índice de Figuras

Figura 1 - Organograma da <i>Cerealis</i> [1].....	1
Figura 2 - Marcas da <i>Cerealis</i> [5].....	2
Figura 3 - Centros de produção da <i>Cerealis</i> [6]	3
Figura 4 - Esquema do processo produtivo das massas [2].....	7
Figura 5 - Planta da área de produção da fábrica Massas 1	8
Figura 6 - Esquema representativo de um sistema AVAC [9].....	14
Figura 7 - Valores máximos e mínimos de temperatura e humidade ocorridos em cada mês.....	18
Figura 8 - Número de horas com temperaturas superiores às temperaturas de bolbo húmido (Twb)	19
Figura 9 - Condições exteriores versus condições interiores	20
Figura 10 – Planta da fábrica <i>Massas 1</i> com o novo sistema AVAC implementado	22
Figura 11 - Esquema representativo de uma UTA do novo sistema AVAC	23
Figura 12 - Equipamentos utilizados nas medições realizadas	30
Figura 13 - Planta da nave de produção com os pontos de medição assinalados	31
Figura 14 - Valores de temperatura média nos 21 pontos de medição antes e depois do novo sistema AVAC.....	36
Figura 15 - Valores de humidade relativa média nos 21 pontos de medição antes e depois do novo sistema AVAC.....	37
Figura 16 – Percentagem de análises com humidades dentro das três gamas referidas	41
Figura A.1.1 – Parte do ficheiro <i>Excel</i> elaborado pelos serviços técnicos com os consumos de energia elétrica do mês de Julho de 2015	49
Figura A.1.2 – Exemplo de cálculo do consumo total de energia elétrica da fábrica <i>Massas 1</i> para o mês de Julho de 2015 através da folha de <i>Excel</i> criada	51
Figura A.2.1 - Parte do ficheiro <i>Excel</i> elaborado pelos serviços técnicos com os consumos de gás natural do mês de Julho de 2015	52
Figura A.2.2 - Exemplo de cálculo do consumo total de gás natural da fábrica <i>Massas 1</i> para o mês de Julho de 2015 através da folha de <i>Excel</i> criada	53

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Metas e objetivo de CEE para a fábrica <i>Massas 1</i>	17
Tabela 2 – Valores de potência térmica dissipada na nave de produção.....	20
Tabela 3 – Valores de CEE calculados para o ano de 2014 e de 2015.....	26
Tabela 4 - Consumos de energia elétrica e CEE das linhas de produção e do sistema AVAC	27
Tabela 5 - Consumos de gás natural e valores de CEE correspondentes	28
Tabela 6 – Resultados globais obtidos nas medições de temperatura e humidade relativa do ar antes da instalação do novo sistema AVAC	33
Tabela 7 - Resultados globais obtidos nas medições de temperatura e humidade relativa do ar depois da instalação do novo sistema AVAC	35
Tabela 8 - Humidade relativa média para diferentes tipos de massa, antes e depois do novo sistema AVAC.....	42
Tabela A.1.1 – Consumos de energia elétrica por centro de custo de áreas de produção respetivas	50
Tabela B.1. – Valores de temperatura obtidos nas medições efetuadas antes da instalação do novo sistema AVAC	54
Tabela B.2. – Valores de humidade relativa obtidos nas medições efetuadas antes da instalação do novo sistema AVAC	55
Tabela B.3. – Valores de temperatura obtidos nas medições efetuadas depois da instalação do novo sistema AVAC	56
Tabela B.4. – Valores de humidade relativa obtidos nas medições efetuadas depois da instalação do novo sistema AVAC	57
Tabela C.1. – Valores obtidos nos ensaios de cozedura realizados antes da instalação do novo sistema AVAC	58
Tabela C.2. – Valores obtidos nos ensaios de cozedura realizados depois da instalação do novo sistema AVAC	60

Acrónimos

ARCE - Acordos de Racionalização

ASHARE – American Society of Heating Refrigerating and Air-conditioning Engineers

AVAC – Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado

CEE – Consumo Específico de Energia

CIE – Consumidora Intensiva de Energia

DGEG – Direcção-Geral de Energia e Geologia

IC – Intensidade Carbónica

IE – Intensidade Energética

PNALE – Plano Nacional de Atribuição de Licenças de Emissão de CO₂

PREn – Plano de Racionalização dos Consumos de Energia

SGCIE – Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia

UTA – Unidade de Tratamento de Ar

UTAN – Unidade de Tratamento de Ar Novo

1. Introdução

O trabalho a que este documento se refere foi desenvolvido na fábrica *Massas 1*, da empresa *Cerealis Produtos Alimentares S.A.*, sediada em Águas Santas. O seu principal objetivo consistiu no estudo do impacto energético da instalação de um sistema de Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado (AVAC) na fábrica. A necessidade de instalação deste sistema surgiu para que fosse possível obter-se uma maior estabilização e controlo das variáveis de processo, nomeadamente, temperatura e humidade. O antigo sistema AVAC já não respondia no cumprimento das condições requeridas ao processo de produção e apresentava sinais evidentes de degradação, daí a necessidade de uma solução para o tratamento do ar da nave de produção.

O processo de fabrico das massas utiliza água quente a temperaturas na ordem dos 137°C e uma pressão de 4,5 bar. Ao longo deste processo verificam-se inúmeras perdas de calor provenientes dos equipamentos, dos produtos e das tubagens. Para além disso existe ainda um deficiente sistema de ventilação de ar na fábrica. Todos estes fatores levam a que haja uma oscilação de temperatura e de humidade do ar no interior da fábrica que não é desejável.

Com o intuito de combater as problemáticas apontadas e alcançar uma maior e melhor estabilidade no controlo das variáveis do processo de fabrico das diferentes linhas, bem como melhorar o ambiente de trabalho dos operadores, instalou-se na fábrica *Massas 1* um novo sistema AVAC. Apesar das vantagens que se esperam obter com a instalação deste sistema, pensa-se que este causará um agravamento no Consumo Específico de Energia gerado pelo seu funcionamento. Destes fatores surge então a necessidade da elaboração deste trabalho, para que se contabilize o impacto energético da instalação do novo AVAC.

1.1. Cerealis

A *Cerealis* é uma empresa portuguesa do setor alimentar com sede em Águas Santas, Maia. Foi fundada em 1919 como Amorim, Lage, LDA. Atualmente, a *Cerealis* divide-se em 4 áreas principais (Figura 1) que se designam por *Cerealis SGPS*, *Cerealis Produtos Alimentares*, *Cerealis Moagens* e *Cerealis Internacional*.

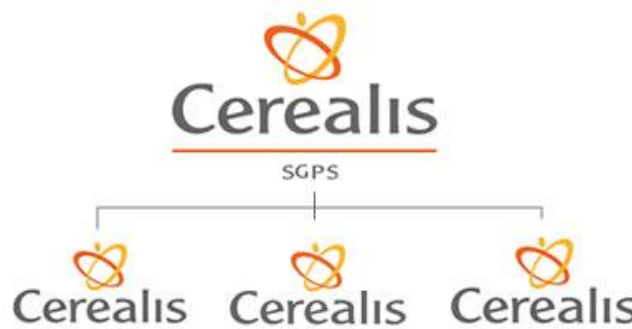


Figura 1 - Organograma da Cerealis [1]

A *Cerealis SGPS, S.A.* é responsável pela gestão das participações sociais do Grupo *Cerealis*, prestando-lhe, entre outros serviços, apoio nas áreas jurídicas, sociais e financeiras [1].

A *Cerealis – Produtos Alimentares, S.A.* produz e comercializa produtos destinados ao consumidor final, nomeadamente massas alimentícias, bolachas, cereais de pequeno-almoço, farinhas de usos culinários e produtos refrigerados [2].

A *Cerealis – Moagens, S.A.* produz-se e comercializa-se farinhas de trigo, centeio, compostas e mistura [3].

Já a *Cerealis Internacional – Comércio de Cereais e Derivados, S.A.* assegura a compra de cereais para a sua transformação nas empresas do Grupo e a exportação dos seus produtos [4].

O Grupo *Cerealis* transforma anualmente cerca de 400 000 toneladas de cereais e possui uma faturação de 200 milhões de euros, sendo por isso um dos grupos portugueses agroalimentares mais importantes. Os produtos da *Cerealis* são comercializados nos 5 continentes. Com uma carteira de clientes superior a 3 000 empresas, a *Cerealis* é líder de mercado nos setores das massas alimentícias, farinhas para usos culinários, farinhas industriais e produtos refrigerados [1].

As marcas comercializadas pela *Cerealis* são diversas e encontram-se representadas na Figura 2.



Figura 2 - Marcas da *Cerealis* [5]

Cada uma das marcas é responsável pela comercialização de diferentes tipos de produtos, como se descreve de seguida:

- *Milaneza* foi lançada em 1933 e atualmente oferece uma enorme variedade de produtos nos segmentos das massas secas e frescas, pizzas e refeições preparadas.
- *Nacional* comercializa massas, cereais de pequeno-almoço, farinhas e bolachas.
- *Concordia* iniciou a atividade em 1943 e é líder na produção de farinhas de centeio.
- *Harmonia* dedica-se à moagem de cereais para a indústria de panificação desde 1890.
- *BIG* está presente no mercado africano e comercializa massas alimentícias e farinhas para a indústria de panificação e pastelaria.
- *Familiar Amiga* dedica-se à comercialização de massas alimentícias [5].

Os centros de produção da *Cerealís* encontram-se distribuídos por todo o país, Figura 3.



Figura 3 - Centros de produção da *Cerealís* [6]

1.2. Centro de Produção da Maia

O Centro de Produção da Maia tem como principal atividade a produção de massas para alimentação humana. Como atividade complementar produz bolachas e sêmolas de trigo para a produção de massas alimentícias. O centro é constituído por uma semolaria, duas fábricas de produção de massas (*Massas 1* e *Massas 2*) e uma fábrica de produção de bolachas [3].

1.2.1. Semolaria

A semolaria é responsável pela moagem de todo o trigo que abastece as 2 fábricas de massas e transforma cerca de 370 ton/dia de trigo duro. O trigo duro chega à unidade industrial por camião e é descarregado numa moega. De seguida o trigo é pesado e limpo separando-se deste as impurezas grossas e finas. Posteriormente é conduzido para silos de armazenamento. Quando sai dos silos de armazenamento o cereal passa novamente por uma instalação de limpeza para separar as areias das sementes. O trigo é então humidificado e posto em repouso antes de seguir para a moagem. A moagem é feita em moinhos de rolos estriados que partem o cereal até à granulometria pretendida. À saída dos moinhos, através de gravimetria e ou granulometria, faz-se a separação das frações mais finas das mais grossas. Estas últimas são recicladas para os moinhos para ser efetuada uma nova partição. Posteriormente a sêmola é enviada por uma conduta para as unidades de produção de massas onde é ensilada. Como o movimento do produto na zona da moagem é feito predominantemente por transporte pneumático, existem equipamentos de separação, como ciclones e filtros de mangas, antes da exaustão do fluxo de ar para a atmosfera [7].

1.2.2. Fábrica de bolachas

A fábrica de bolachas tem 2 linhas de produção com uma capacidade total de cerca de 30 ton/dia. As matérias-primas (farinha, açúcar, glucose e gordura) chegam por camião cisterna e são descarregadas para silos. As matérias subsidiárias (chocolate, aromas, ovo em pó, entre outras) chegam em paletes em camiões isotérmicos ou à temperatura ambiente e são descarregados para o armazém de materiais. Os ingredientes que estão ensilados entram, de acordo com a receita, para a amassadeira, sendo adicionados manualmente os restantes ingredientes (chocolate, aromas, ...). Posteriormente as massas são enviadas para as linhas onde é feita a formação da bolacha de acordo com o produto final pretendido. Após a passagem pelos cozedores, as bolachas são embaladas e armazenadas [7].

1.2.3. Fábricas de massas

A fábrica *Massas 2* é mais recente tendo começado a sua atividade em 2004. É constituída por 3 linhas de produção com capacidade de 4 ton/h cada, por uma zona de ensilagem, por uma de embalagem e ainda por um armazém que guarda todos os produtos produzidos no complexo da Maia. Das 3 linhas de produção uma produz massas longas e as outras duas massinhas e massas cortadas. A produção total desta fábrica é cerca de 288 ton/dia. A fábrica *Massas 1* começou a produção em 1933 e tem 6 linhas de produção, uma zona de ensilagem e uma de embalagem. As linhas A e B (Figura 5) são responsáveis pela produção de massinhas e massas cortadas e têm capacidade para produzir, respetivamente,

cerca de 40,8 ton/dia e 36 ton/dia. As Linhas C e E (Figura 5) produzem massas compridas e têm uma capacidade de cerca de 48 ton/dia e 52,8 ton/dia, respetivamente. Nas Linhas F e G (Figura 5) faz-se a produção de massas enroladas sendo a capacidade de produção 12 ton/dia e 8,4 ton/dia, respetivamente. A fábrica de Massas 1 tem uma produção total diária de cerca de 198 ton. Ao todo as duas fábricas de massas produzem perto de 1 milhão de embalagens de massa por dia [7].

O processo de produção de massas é igual para as duas fábricas de massas e encontra-se sumariamente explicado na secção 1.3.

1.3. Produção na fábrica *Massas 1*

Como foi dito anteriormente, a sêmola é enviada da semolaria para a fábrica de massas através de uma conduta sendo armazenada em silos. Quando uma receita é preparada, a sêmola sai dos silos para a balança por sem fins doseadores e é enviada por gravidade para os silos de abastecimento das linhas. A receita é encaminhada para a centrífuga onde é misturada com água, seguindo posteriormente para a amassadeira dupla onde é feita a hidratação dos produtos da receita. O empasto é enviado para a prensa de vácuo e de seguida para a extrusora. Esta etapa é muito importante pois promove maior hidratação, homogeneização e principalmente a desgaseificação do empasto. O empasto sai da extrusora pressurizado e passa num filtro de malha muito fina e de seguida entra no molde. O processo de moldagem difere para cada família de massas:

- na linha das massinhas e massas cortadas, na saída do molde está uma faca que funciona rotativamente;
- na linha das massas longas, os fios são levados por canas metálicas e é feito o acerto do comprimento da massa. As “aparas” são encaminhadas para a amassadeira dupla. A máquina formadora de massa é designada por fieira;
- na linha das massas enroladas a máquina formadora das enroladas é a meadeira, onde os fios são enrolados e cortados, seguindo depois em tabuleiros para a pré-secagem.

Após a moldagem todas as massas seguem para o processo de secagem.

O processo de secagem da massa também depende da família de massas:

- nas linhas de massinhas e massas cortadas (linhas A e B) o processo contempla três etapas: pré-secagem, secagem e estabilização. As duas primeiras etapas ocorrem em dois equipamentos diferentes (1º TCM e 2º TCM) e o transporte da massa de um para o outro é assegurado por elevadores de taças e por transportadores. A pré-secagem (1º TCM) é feita a temperaturas mais elevadas e humidades mais baixas relativamente ao secador e ao estabilizador (2º TCM) que apresentam temperaturas mais baixas e humidades mais

elevadas. As temperaturas e o tempo de permanência da massa nestes locais dependem do tipo de massa que está a ser produzido.

- nas linhas de massas longas (linhas C e E) existem também três fases: pré-secagem, secagem e estabilização;
- nas linhas das massas enroladas (linhas F e G) a secagem ocorre em duas fases: pré-secagem muito rápida e secagem com ciclos de 17 a 24 horas [7].

A secagem efetua-se com ar interior da fábrica que é ventilado para dentro do secador. O ar passa por radiadores, que se encontram no interior dos secadores, onde troca calor com a água quente vinda da caldeira. No caso das linhas F e G o ar não passa por radiadores, ou seja, é diretamente introduzido no processo de secagem sem sofrer qualquer alteração de temperatura ou humidade. Esta situação leva a que os tempos de secagem destas duas linhas sejam muito mais elevados. Após o processo de secagem, a massa é encaminhada para um arrefecedor. Nesta etapa, a temperatura baixa de forma gradual. Após este processo, as massas são ensiladas de acordo com as suas características, sendo posteriormente enviadas para a zona de embalagem e armazenadas [7].

Na Figura 4 encontra-se representado esquematicamente um processo de produção de massas.

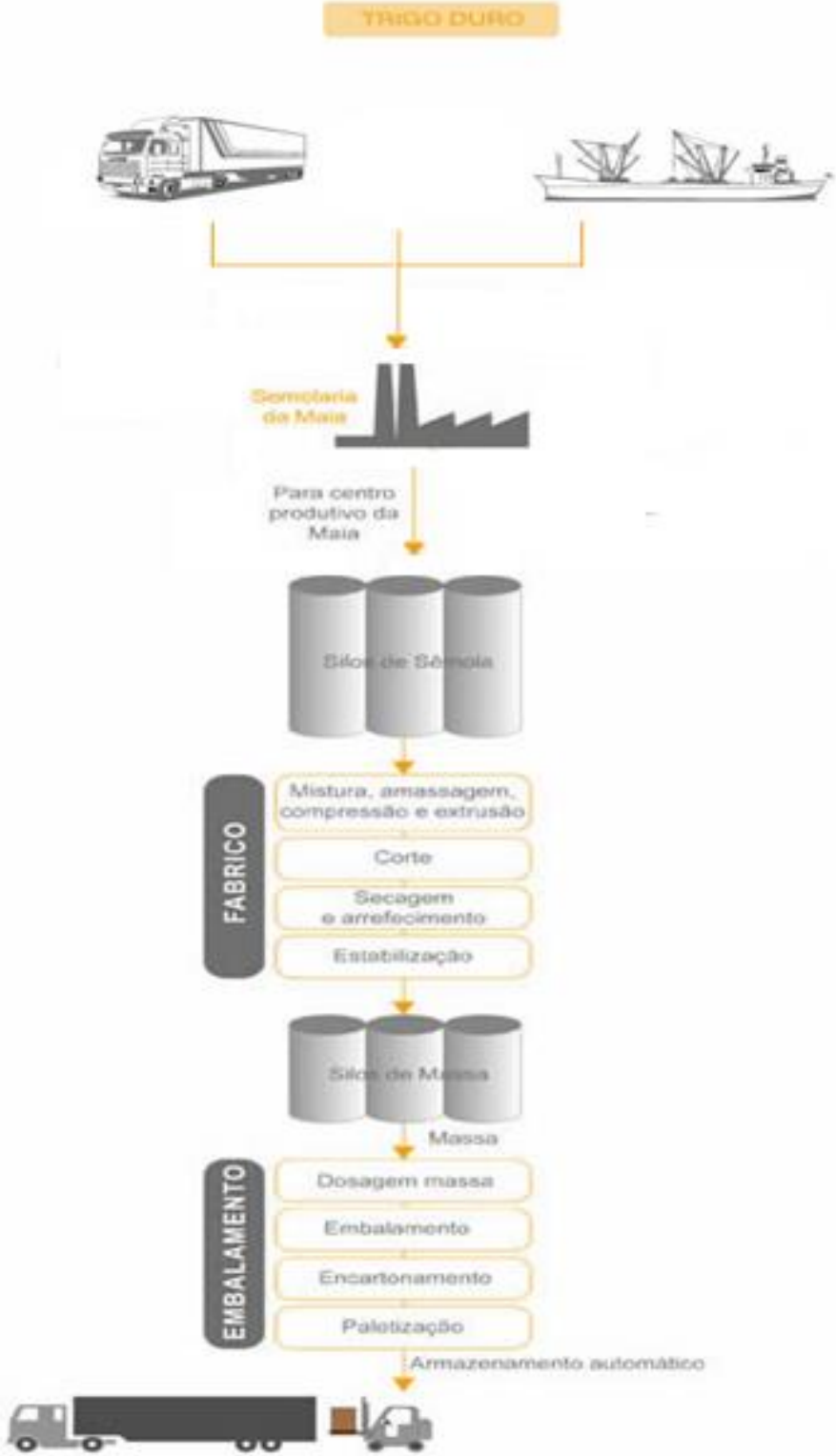


Figura 4 - Esquema do processo produtivo das massas [2]

1.4. Fábrica Massas 1

A fábrica *Massas 1* é constituída pela sala das caldeiras, sala de lavagem de moldes, zona de produção, zona de ensilagem e zona de embalagem. Este estudo diz respeito apenas à nave de produção (piso 1), que comporta 6 linhas de produção.

Na Figura 5 encontra-se representada a planta da área de produção da fábrica *Massas 1*, onde é possível observar as seis linhas de produção (A, B, C, E, F e G).

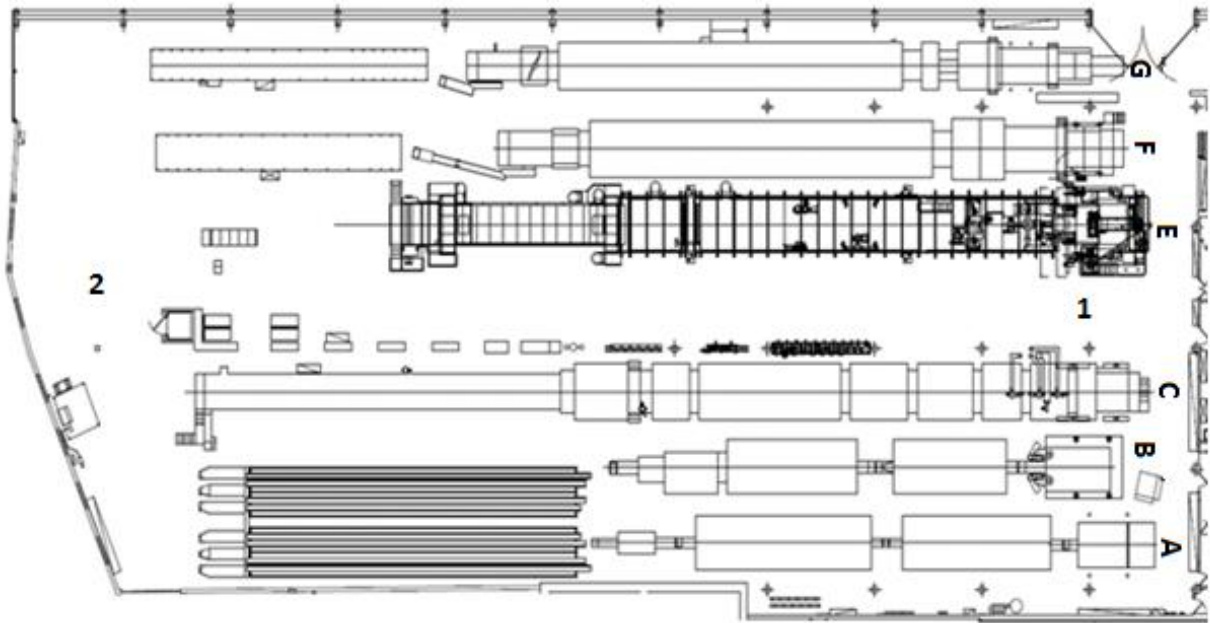


Figura 5 - Planta da área de produção da fábrica Massas 1

Na nave de produção podem distinguir-se duas zonas (Figura 5) com diferentes alturas, a zona 1 com aproximadamente 8 metros e a zona 2 com aproximadamente 12 metros. A zona 1 corresponde à área com maior concentração de cargas térmicas interiores, pois é a zona onde existe maior concentração de equipamentos com grande libertação de energia térmica, uma vez que possuem um baixo isolamento. O espaço comunica quer com o exterior, quer com espaços interiores, como por exemplo a zona de embalagem, havendo por isso também trocas de cargas térmicas com estes espaços.

1.4.1. Sistemas de aquecimento

O sistema de aquecimento da fábrica está projetado para suprir as necessidades de calor do processo de secagem da massa. O aquecimento é feito através de água quente que sai da caldeira a 4,5 bar e a 137 °C. Ao longo do secador existem várias entradas de ar quente. Este ar dá entrada nos radiadores que se encontram dentro dos secadores e ocorre aí a troca de calor entre o ar e a água quente. Após o aquecimento o ar é direcionado para a massa e assim se dá o processo de secagem [7].

A sala das caldeiras é constituída por três caldeiras a gás natural (HA10, HA20 e HA35), dois economizadores, uma purga, um permutador de placas para o aquecimento das águas das unidades de tratamento de ar (UTAs), um pressurizador, um coletor de envio e um de retorno de água sobreaquecida.

A caldeira HA10 tem capacidade para produzir 1 Gcal/h de água quente, a HA20 tem capacidade para 2 Gcal/h e a HA35 tem capacidade para 3,5 Gcal/h.

1.4.2. Sistema de ventilação

Antes da instalação do novo sistema AVAC, existia na fábrica *Massas 1* um sistema AVAC com dois sistemas de distribuição de ar. No sistema de menor dimensão, os extratores encontravam-se instalados na parede da fábrica, o que fazia com que fosse pouco eficiente, pois não conseguia extrair o ar mais quente que se encontra no meio e no topo da fábrica. Assim sendo, era o sistema de distribuição de maior dimensão, só com extratores situados no teto da fábrica, que efetuava praticamente todo o trabalho de ventilação do ar. Contudo, estes sistemas eram insuficientes para dar vazão a todo o ar quente que se liberta na fábrica, o que nos leva à problemática tratada neste trabalho. De referir que após o processo de secagem o ar é retirado através de chaminés para o meio ambiente exterior. Este facto criava outra problemática com o antigo sistema AVAC, pois este não possuía capacidade de repor na fábrica a mesma quantidade de ar que era expulsa pelas chaminés das linhas, criando-se subpressão na fábrica.

1.5. Processo de secagem

As propriedades do ar influenciam diretamente os resultados do processo de secagem, sendo que a temperatura e a humidade são dos parâmetros mais importantes.

Outro fenómeno importante envolvido no processo de secagem é a difusividade. A água a ser eliminada pode-se encontrar apenas na superfície ou também no interior do corpo sólido a ser seco. Se é apenas sobre a superfície, a secagem não depende das propriedades do corpo em questão. Se a água está no interior, o efeito de secagem vai depender de propriedades físicas e químicas do corpo. Isto porque as partículas de água precisam de se deslocar do interior para a superfície, de modo a serem removidas por evaporação. A secagem das massas depende das características do corpo (estrutura, natureza, dimensões, tipo de ligação química que as moléculas de água têm com os outros componentes, etc.).

As condições térmicas do ar utilizado afeta o curso das condições térmicas da massa que está a secar. Ao aumentar / diminuir a humidade relativa do ar podemos aumentar / diminuir a evaporação da água no produto, e como resultado, a sua humidade. O aumento /

diminuição da temperatura do ar, terá influência na temperatura do produto, o que permite aumentar / diminuir a difusividade. A combinação das propriedades do ar de secagem aliadas ao tempo de residência do produto na secagem, irá resultar num diagrama de secagem que permita no final uma massa estável (conteúdo interno de humidade no produto uniforme) com uma humidade final máxima de 12,5%.

O primeiro passo, no processo de secagem, ocorre imediatamente depois da massa abandonar a extrusora, com injeção de elevada quantidade de ar para aquecer e secar a parte externa da massa extrudida. Isto acontece em apenas alguns segundos, mas o suficiente para manter o produto solto, evitando que se aglomere.

A pré-secagem permite a redução drástica do teor de humidade do produto em menor tempo do que o exigido por toda a fase de secagem, uma vez que é possível provocar uma rápida evaporação da água a partir da superfície. Esta fase demora entre 40 a 50 minutos, dependendo da capacidade do secador. O teor de humidade varia de 30 a 32%, no início da fase de pré-secagem a 17 a 18%, no final da mesma.

Na secagem as condições estruturais da massa são completamente diferentes das que se tem no início do processo: a capilaridade diminui, assim como os interstícios na estrutura da massa que se tornam mais pequenos, devido à contração do produto ocorrida pela eliminação de água. Como resultado, a velocidade de migração das partículas de água, que permanecem no interior do produto, também é reduzida. A fase de secagem é muito delicada, pois é necessário evitar uma secagem muito rápida e completa, pois poderá levar ao bloqueio da ação capilar da massa (com consequências desastrosas para o produto).

Numa primeira fase, é principalmente o amido que liberta água, pois possui uma capacidade de retenção mais baixa do que o glúten. Como consequência, a concentração de glúten na parte exterior da massa diminui, havendo uma maior concentração nas camadas internas devido ao maior teor de humidade. Nas camadas exteriores do produto, por conseguinte, haverá uma concentração mais elevada de amido. Se este desequilíbrio não for compensado, a estrutura exterior permanece fraca (devido à existência de menos glúten), comprometendo a qualidade final da massa. Quando o teor médio de humidade da massa passa a ser inferior a 21%, o glúten mantém boa mobilidade, por isso, é possível redistribuí-lo por todo o produto antes de este limite ser excedido.

Resumidamente, as considerações mais importantes que se deve reter relativamente ao processo de secagem das massas são:

- A única evaporação ocorre na superfície, que por sua vez deve ser constantemente mantida húmida.
- Se a evaporação é mais rápida do que a migração da água a partir da parte interior do produto para a superfície, esta tem que ser retardada ou parada até que a humidade da superfície seja restaurada.

- Como a humidade estimula ambas as reações químicas e enzimáticas entre os ingredientes da massa, a qualidade do produto final pode ser danificada, portanto, a pré-secagem deve ser concluída num tempo tão curto quanto possível.

- A secagem tem de ser levada a cabo de tal forma que a água seja extraída sem a geração de tensão e sem exceder o limite de elasticidade do produto. Se isso acontecer, a massa pode ser danificada, em maior ou em menor grau (fissuras, fendas, veios. etc)

- É necessário ter-se em consideração as características das matérias-primas, em especial o teor de proteína e qualidade do glúten.

1.6. Sistema AVAC

Os sistemas de Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado, mais comumente designados pela sigla AVAC, são sistemas que permitem controlar os valores de temperatura, humidade e qualidade do ar interior de um dado edifício, ao longo das quatro estações do ano. Estes três parâmetros dependem dos fatores climáticos externos, da qualidade do ar exterior (ar “fresco”) que entra no edifício, da eficiência do sistema AVAC e das atividades realizadas nas áreas internas. Para atender aos requisitos de qualidade do ar em áreas produtivas, várias funções estão associadas aos sistemas de tratamento de ar, tais como aquecimento, arrefecimento, humedificação, renovação, filtragem, ventilação e desumidificação. Os sistemas podem ainda incluir outras funções, tal como a de pressurização do ar no interior de determinado espaço [8,9].

Os problemas existentes muitas vezes nas instalações de sistemas AVAC resultam da dificuldade em conseguir equilibrar as cargas térmicas de aquecimento e arrefecimento, pois estas podem evoluir de formas distintas e são influenciadas pelas condições exteriores, ocupação, tipo de equipamentos, entre outros fatores [10].

Uma das considerações mais importantes a ser feita aquando da elaboração de um projeto para a instalação de um sistema AVAC é a prevenção de contaminações, microbiana ou de qualquer outra fonte. Parâmetros relacionados com este tipo de sistemas, tais como a temperatura, humidade, diferenciais de pressão e renovação e limpeza do ar devem ser adequadamente projetados, controlados e monitorizados, pois podem afetar a qualidade dos produtos durante as etapas de produção e/ou armazenamento [9].

A maioria dos países possuem regras claras sobre as condições em que os sistemas de AVAC devem ser projetados, instalados, mantidos e operados, bem como quais profissionais estão habilitados para essas atividades. As normas técnicas internacionais sobre sistemas de AVAC são muito frequentemente oriundas da American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers, Inc. (ASHRAE), ou das normas europeias EN [9].

Os sistemas de AVAC poderão ter um elevado peso nos custos energéticos das empresas, responsável tipicamente entre 30 a 40% do consumo elétrico dos edifícios de comércio e serviços. O nível de consumo dos sistemas AVAC depende essencialmente de 4 fatores:

- Características do edifício (p.e. orientação; isolamento), que influenciam como as condições ambientais afetam o ambiente interior.
- Nível das condições do ar interior necessárias, pois quanto maiores exigências maiores os consumos de energia.
- Calor gerado internamente, por exemplo pelas pessoas, iluminação e equipamentos.
- Desenho, eficiência, operação e manutenção do sistema AVAC, pois afeta a energia necessária para alcançar as condições desejadas [11].

As três funções distintas do sistema AVAC são baseadas em conceitos estudados nas áreas da Termodinâmica, da Mecânica dos Fluidos e da Transferência de Calor:

- Aquecimento: é definido como uma transferência de energia, em virtude de uma diferença de temperatura no seio de um sistema.
- Ventilação: está associada à circulação de ar, que é fundamental para renovar o oxigénio num espaço e retirar o ar viciado, humidade, fumos, odores e bactérias desse mesmo espaço. Pode-se falar de muitos tipos de ventilação, mas de uma forma genérica funcionam todos de uma forma muito semelhante, ou seja, a ventilação é responsável pelas trocas de ar com o exterior e pela circulação do ar no interior das instalações.
- Ar Condicionado: permite regular a qualidade de ar interior, recorrendo aos princípios de controlo de temperatura, humedificação e movimentação do ar, que permite aos aparelhos de ar condicionado desempenhar funções de aquecimento, arrefecimento, filtragem e recirculação do ar [12].

1.6.1. Funcionamento

Num sistema AVAC centralizado, que consiste num sistema de ar condicionado em que o equipamento necessário para a produção de arrefecimento ou de aquecimento esteja concentrado numa instalação e num local distinto dos espaços a climatizar, o ar do exterior entra para o sistema através de pré-filtros ou filtros de baixa eficiência para remover as partículas de maior dimensão. Passa ao sistema de distribuição para ser condicionado para a temperatura e humidade apropriada, e depois passa por filtros de maior eficiência para remover partículas de menor dimensão e muitos microrganismos, seguindo através de condutas para ser distribuído por cada zona do edifício [8,13].

Após ser distribuído por cada zona, e depois de utilizado, entra no sistema de exaustão por onde é devolvido à unidade de tratamento do ar (UTA) do sistema AVAC. Parte desse ar contaminado sai para o exterior; outra parte é misturada com a entrada de ar novo do exterior filtrado e volta a circular no sistema. O ar de zonas sanitárias e outras áreas sujas ou passíveis de contaminação, depois de esterilizado (por exemplo por intermédio de luz ultravioleta – em bancos de lâmpadas) é removido diretamente para o exterior através de um sistema de exaustão separado. Em sistemas de AVAC de locais biologicamente poluídos como os hospitais todo o ar extraído é lançado no exterior (depois de esterilizado) e todo o ar insuflado é novo [13].

A captação do ar atmosférico deve ser feita em local distante de quaisquer tipos de fontes de contaminação ou calor, tais como ruas sem calçamento, torres de resfriamento de água, chaminés, escapes de motores de combustão e de pontos de descarte de ar contaminado proveniente de outras áreas produtivas ou laboratórios. O descuido com esse requisito gera problemas com a qualidade do ar tratado, danos no sistema de tratamento de ar (principalmente nos elementos filtrantes) e possível aumento no consumo de energia. A entrada do duto de captação de ar deve ser projetada de forma a prevenir, por meio de barreiras físicas, o ingresso de insetos e partículas de grandes dimensões no sistema. Desta forma, durante a conceção do projeto de uma planta produtiva devem ser consideradas as posições da tomada de ar fresco que irão abastecer o sistema de tratamento de ar [9].

1.6.2. Equipamentos Constituintes

Um sistema AVAC (básico) é composto por:

- Entrada de ar proveniente do exterior;
- Filtros;
- Mecanismos modificadores de humidade;
- Equipamento de aquecimento e refrigeração;
- Ventiladores;
- Conduatas;
- Sistemas de exaustão;
- Registos (comportas);
- Difusores para a distribuição do ar [8].

Os sistemas AVAC podem variar significativamente de dimensão e apresentar diferentes funções, equipamentos e formas de funcionamento. No entanto, a maioria dos sistemas apresentam os componentes representados na Figura 6.

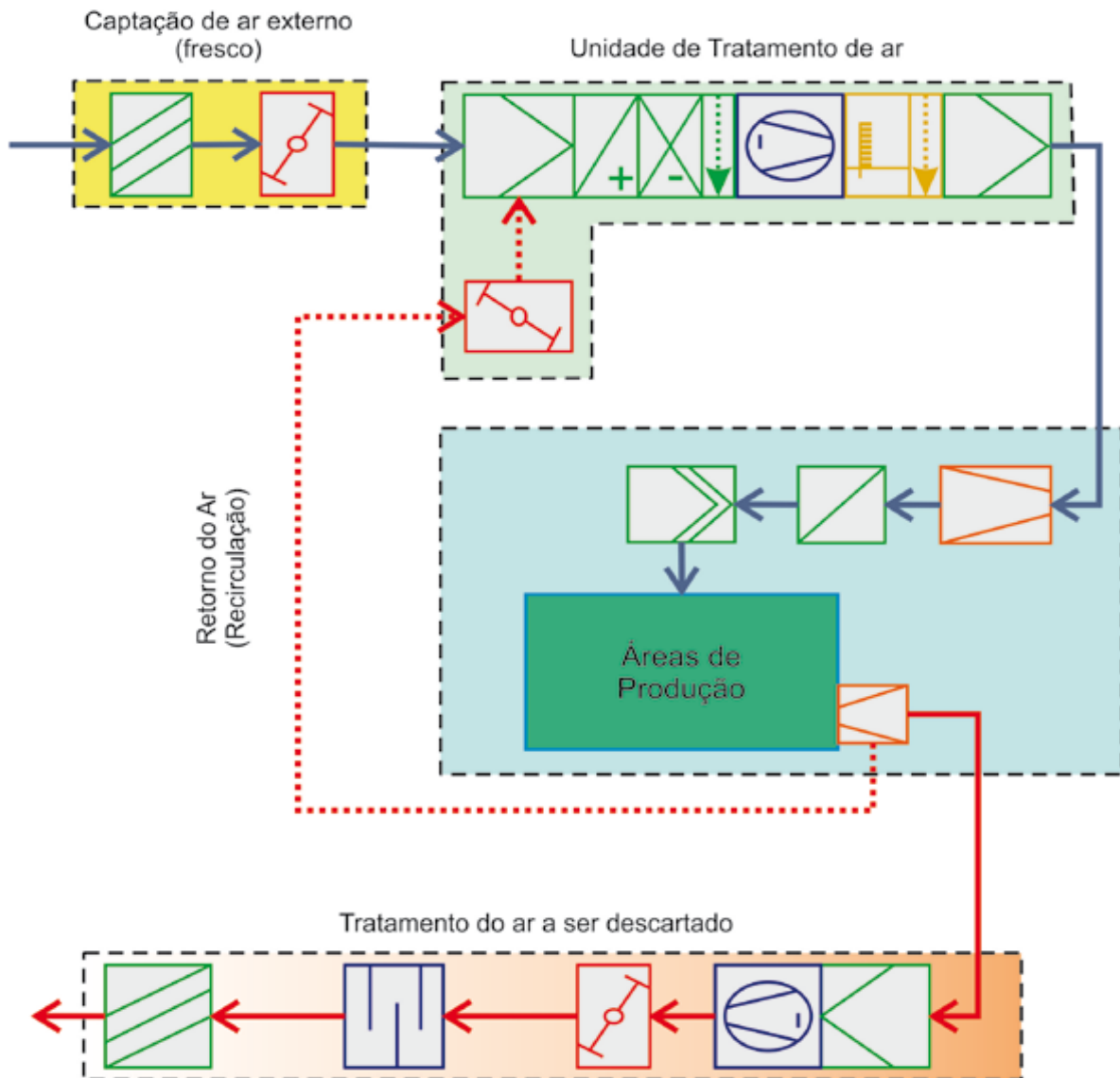


Figura 6 - Esquema representativo de um sistema AVAC [9]

Genericamente, os equipamentos AVAC dividem-se nos seguintes sistemas:

▪ Sistemas Primários que são equipamentos geradores de calor e frio que, por sua vez, através de bombas e ventiladores, alimentam um subsistema ou sistema secundário. Como sistemas primários podem referir-se:

- *Chiller* – Equipamento produtor de frio;
- Bomba de Calor – Equipamento produtor de calor ou frio;
- Caldeira – Equipamento produtor de calor;
- Depósitos de Inércia – Equipamento conservador de calor ou frio;
- Torres de arrefecimento.

▪ Sistemas Secundários, também chamados sistemas de distribuição ou captação de energia, englobam quer as unidades terminais, como por exemplo, ventiloconvectores e splits,

quer as Unidades de Tratamento de Ar (UTA's) e as Unidades de Tratamento de Ar Novo (UTAN's), que são equipamentos de tratamento de ar novo destinados primordialmente a fazer a movimentação e tratamento térmico e higrométrico nas instalações de aquecimento, arrefecimento, ventilação e ar condicionado, de acordo com parâmetros de conforto pré-definidos [14].

De seguida encontram-se mencionados alguns dos equipamentos mais comuns de um sistema AVAC, juntamente como uma breve descrição da funcionalidade dos mesmos:

- Chiller: é um equipamento que produz água refrigerada para ser utilizada na UTA/UTAN.

- Caldeira: produz água quente para o processo de climatização de um espaço.

- Unidades de Tratamento de Ar (UTA): é responsável pela insuflação de ar filtrado para o interior ou espaço a climatizar. Na sua composição estão presentes as baterias de aquecimento e arrefecimento que recebem o fluido proveniente do *chiller* e os ventiladores que forçam a circulação do ar para essas baterias climatizando o mesmo.

- Ventiladores: são um dos principais responsáveis por manter uma qualidade de ar interior aceitável. A sua função é de insuflar ou extrair ar de um determinado espaço e a sua montagem pode ser no interior ou no exterior, conforme a indicação do projeto.

- Ventiloconvectores: são equipamentos constituídos por uma bateria e um ventilador, que permitem climatizar um espaço através da recirculação forçada de ar no interior das suas baterias (de aquecimento e/ou arrefecimento), que são alimentados por água refrigerada ou aquecida proveniente do *chiller* e da caldeira [15].

1.7. Consumo Específico

O Decreto-Lei nº 71/2008, de 15 de Abril de 2008, regula o novo Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia (SGCIE) e tem como objetivo promover a eficiência energética e monitorizar os consumos energéticos das instalações consumidoras intensivas de energia (CIE). Para o efeito, prevê que as instalações CIE realizem, periodicamente, auditorias energéticas que incidam sobre as condições de utilização de energia e promovam o aumento da eficiência energética, incluindo a utilização de fontes de energia renováveis. Prevê, ainda, a elaboração e a respetiva execução de Planos de Racionalização dos Consumos de Energia (PREn), estabelecendo Acordos de Racionalização (ARCE) desses consumos com a Direção-Geral de Energia e Geologia (DGEG) que, contemplem objetivos mínimos de eficiência energética, associando ao seu cumprimento na obtenção de incentivos pelos operadores (entidades que exploram as instalações CIE) [16].

O SGCIE aplica-se às instalações consumidoras intensivas de energia com consumo anual igual ou superior a 500 tep (tonelada equivalente de petróleo) [16].

O SGCIE divide as instalações CIE em dois escalões:

- Instalações CIE com um consumo anual igual ou superior a 500 tep e inferior a 1000 tep: estas instalações estão obrigadas à realização de auditorias energéticas de 8 em 8 anos e têm como meta a redução de 4% de Intensidade Energética (IE) e Consumo Específico de Energia (CEE) e a manutenção da Intensidade Carbónica (IC).

- Instalações CIE com um consumo anual igual ou superior a 1000 tep: estas instalações estão obrigadas à realização de auditorias energéticas de 6 em 6 anos e têm como meta a redução de 6% de Intensidade Energética (IE) e Consumo Específico de Energia (CEE) e a manutenção da Intensidade Carbónica (IC) [16].

O não cumprimento das metas ou a não implementação das medidas definidas no ARCE, e nos casos em que no ano seguinte ao relatório final de execução o operador não recupere os desvios, implica:

a) Quando o desvio a apurar no final do período de vigência do ARCE for igual ou superior a 25 %, o pagamento pelo operador do montante de € 50 por tep/ano não evitado, o qual é agravado em 100 % em caso de reincidência.

b) Quando o desvio a apurar no final do período de vigência do ARCE for igual ou superior a 50 %, para além do pagamento previsto na alínea anterior, o pagamento do valor recebido em virtude da concessão dos apoios previstos, e do valor proporcional correspondente aos benefícios decorrentes do facto da instalação se encontrar abrangida pelo ARCE [17].

A *Cerealis Produtos Alimentares, S.A.* – Centro de Produção da Maia é uma instalação CIE com consumo superior a 1000 tep/ano, sendo que em 2014 obteve um consumo total de energia de 7378 tep, dos quais 2120 tep foram consumidos pelo fabrico *Massas 1*. Neste momento, a empresa encontra-se no 5º ano de implementação do ARCE, a vigorar de 2011 a 2016.

O principal objetivo deste trabalho foi a determinação do impacto do funcionamento do novo sistema AVAC no CEE na fábrica *Massas 1*, não tendo sido analisados os parâmetros IE e IC.

O CEE relaciona o valor da produção e o respetivo consumo total de energia, segundo a expressão:

$$CEE = \frac{\text{Consumo de Energia (kgep)}}{\text{Produção (ton)}} \quad (eq.1)$$

Na Tabela 1 encontra-se um quadro resumo das metas e objetivos respeitantes ao Consumo Específico de Energia da fábrica *Massas 1*, que constam do 2º Relatório de Execução e Progresso do ARCE respeitante ao ano de 2014, elaborado pela empresa *A.Ramalhão*. De salientar que a meta a atingir em 2016 foi assumida aquando da aprovação do PReN (ARCE), ou seja, não coincide com os 6% impostos pelo SGCIE.

Tabela 1 - Metas e objetivo de CEE para a fábrica *Massas 1*

Ano		CEE (kgep/ton)	Desvio Objetivo (%)	Desvio Meta (%)
2010	Referência	77,76	-	6,0
2011	Objetivo	77,68	-	-
	Real	79,11	1,8	8,2
2012	Objetivo	72,72	-	-
	Real	82,22	13,1	12,5
2013	Objetivo	72,09	-	-
	Real	82,50	14,4	12,9
2014	Objetivo	72,09	-	-
	Real	83,14	15,3	13,8
2015	Objetivo	72,09	-	-
	Real	-	-	-
2016	Objetivo	72,09	-	-
	Meta	73,09	-	-

Pela Tabela 1 verifica-se que até ao ano de 2014 os valores de CEE da fábrica *Massas 1* encontram-se bastante aquém do pretendido, constatando-se até um agravamento de ano para ano.

1.8. Projeto do novo sistema AVAC

O desmantelamento do antigo sistema AVAC e o projeto e instalação do novo sistema AVAC foi realizado pela empresa *Politérmica*. De seguida irão ser apresentados alguns dos principais fundamentos que tiveram na base do projeto do novo sistema AVAC e que fazem parte do relatório elaborado pela referida empresa.

No projeto base do sistema AVAC definiu-se uma solução capaz de dotar o espaço em causa com os equipamentos mecânicos necessários para o funcionamento adequado dentro das regras técnicas indicadas para este tipo de instalações, da legislação em vigor e, particularmente, dentro daqueles que são os requisitos do processo de produção. O novo sistema AVAC tem como objetivo assegurar que as condições de temperatura e de humidade do ar se mantêm na gama requerida pelo processo produtivo e que o espaço se mantém em sobrepressão, por questões higiénicas.

É importante referir que a elaboração do projeto, e respetivos cálculos, foram baseados nos regulamentos e regras técnicas em vigor aplicáveis, nomeadamente: *2005 ASHRAE Handbook Fundamentals* e *2007 ASHRAE Handbook Applications*.

O dimensionamento do sistema previsto no âmbito deste projeto teve por base as seguintes condições ambiente interiores, impostas pela *Cerealis*:

- temperatura: 25 a 29 °C;
- humidade relativa: 60 a 85 %.

1.8.1. Caracterização das condições climatéricas

Primeiramente analisou-se os dados climáticos para a cidade da Maia, onde se localiza a fábrica, através do programa *Solterm* (Figura 7).

	Condições para temperatura máxima			Condições para humidade absoluta máxima			Condições para temperatura mínima			Condições para humidade absoluta mínima		
	Temp. [°C]	H. Relativa [%]	H. absoluta [g/Kg]	Temp. [°C]	H. Relativa [%]	H. absoluta [g/Kg]	Temp. [°C]	H. Relativa [%]	H. absoluta [g/Kg]	Temp. [°C]	H. Relativa [%]	H. absoluta [g/Kg]
JAN	18.9	67%	9.1	16.0	81%	9.2	1.9	82%	3.5	1.9	82%	3.5
FEV	18.1	48%	6.2	16.7	69%	8.2	1.7	93%	4.0	3.1	82%	3.9
MAR	19.9	53%	7.7	16.9	95%	11.4	3.3	89%	4.3	4.1	77%	3.9
ABR	22.3	44%	7.4	19.1	73%	10.1	5.3	89%	4.9	17.8	35%	4.4
MAI	25.2	43%	8.6	22.5	75%	12.8	7.3	83%	5.3	7.3	83%	5.3
JUN	29.1	52%	13.1	26.3	71%	15.3	8.9	87%	6.2	21.9	34%	5.5
JUL	29.3	48%	12.3	25.6	80%	16.6	10.8	99%	8.0	26.2	19%	4.0
AGO	30.1	50%	13.4	28.1	63%	15.1	11.5	79%	6.7	11.5	79%	6.7
SET	29.4	42%	10.8	25.9	64%	13.4	8.0	90%	6.0	8.0	90%	6.0
OUT	29.7	29%	7.5	26.3	56%	12.0	6.8	91%	5.6	16.4	45%	5.2
NOV	21.3	57%	9.0	21.1	77%	12.1	4.0	83%	4.2	4.5	80%	4.2
DEZ	19.3	47%	6.5	13.1	82%	7.7	2.3	85%	3.8	2.3	85%	3.8

Figura 7 - Valores máximos e mínimos de temperatura e humidade ocorridos em cada mês

Para efeitos de cálculo da capacidade de remoção de carga térmica do sistema, adotaram-se as condições exteriores que resultam numa temperatura de bolbo húmido máxima para 99% de probabilidade de ocorrência na Maia. Na Figura 8 encontra-se um quadro com o número de horas com temperaturas superiores às temperaturas de bolbo húmido (Twb) indicadas, determinadas pela empresa *Politérmica*.

Twb	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL	
18.0°C	0	0	0	0	18	91	209	159	104	28	2	0	611	6.97%
19.0°C	0	0	0	0	4	46	123	88	49	7	0	0	317	3.62%
20.0°C	0	0	0	0	0	21	53	43	12	2	0	0	131	1.50%
20.6°C	0	0	0	0	0	17	40	27	4	0	0	0	88	1.00%

Figura 8 - Número de horas com temperaturas superiores às temperaturas de bolbo húmido (Twb)

Assim, para as 8760 horas anuais, determinou-se que em 99% das horas existe uma temperatura de bolbo húmido inferior a 20,6 °C. A empresa escolheu a temperatura correspondente à humidade absoluta máxima (Figura 7), o que corresponde às seguintes condições:

- temperatura: 25,6°C
- humidade relativa: 64%
- humidade absoluta: 13,18 g água/kg ar seco

As condições exteriores usadas para o cálculo das necessidades de energia térmica da bateria de pré-aquecimento e dos caudais de água do arrefecedor adiabático foram as seguintes (valores de temperatura e humidade assinalados na Figura 7):

- para temperatura máxima: 30,1°C e 50%;
- para humidade absoluta máxima: 25,6°C e 80%;
- para temperatura e humidade absoluta mínimas: 1,9°C e 82%;

Na Figura 9 encontra-se a representação das condições exteriores na Maia e das condições interiores pretendidas (25 °C a 29 °C, 60 % a 85 % humidade relativa), numa carta psicrométrica.

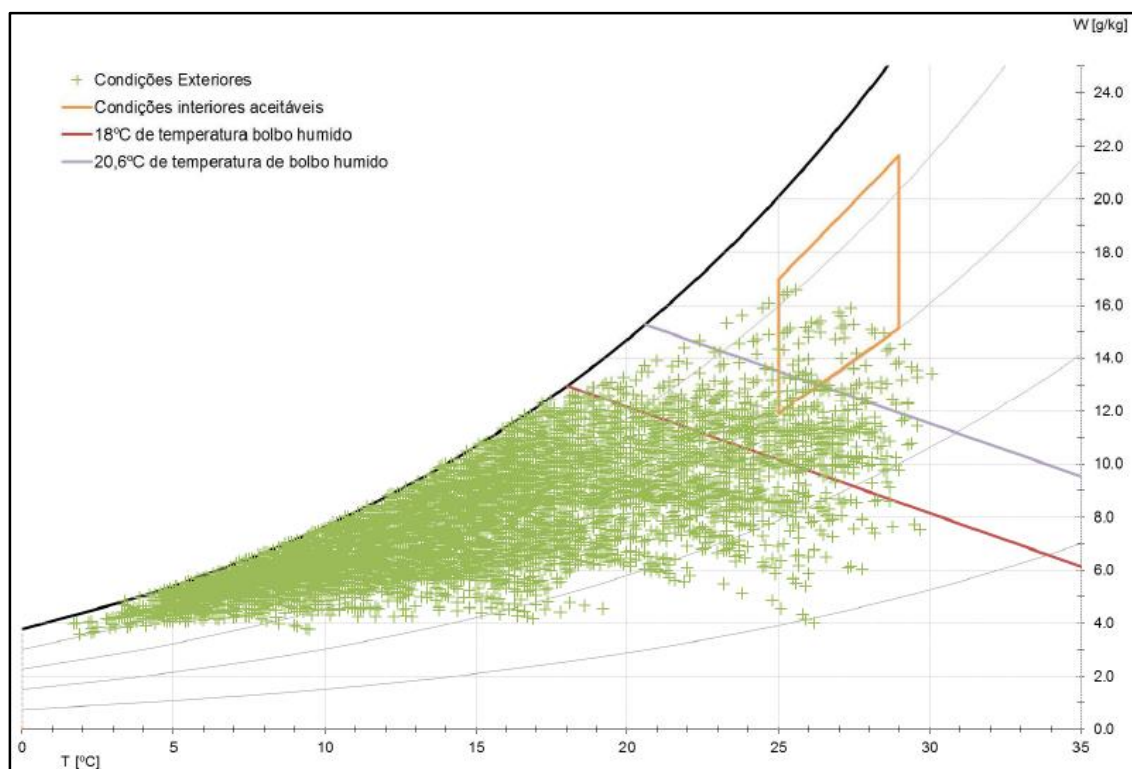


Figura 9 - Condições exteriores versus condições interiores

1.8.2. Características térmicas da envolvente

Na Tabela 2 encontram-se representados os valores de potência dissipada para a nave para efeitos do cálculo dos ganhos internos, tendo-se obtido um total de aproximadamente 440 kW. De referir que consideraram-se os ganhos internos devidos à ocupação desprezáveis.

Tabela 2 – Valores de potência térmica dissipada na nave de produção

Potência térmica dissipada (kW)	
Motores elétricos dos equipamentos de produção	37,5
Paredes das linhas de produção	101,9
Redes de distribuição de água aquecida	209,7
Chaminés de extração de ar	11,0
Iluminação	16,3
Paredes e cobertura da nave	62,2
TOTAL	438,6

1.8.3. Definição do caudal de ar a insuflar

Após verificadas as necessidades de potência térmica de arrefecimento do espaço (440kW) e analisadas também as condicionantes que podiam existir no projeto, como a temperatura mínima de insuflação, por questões de conforto, de 18°C e o atingir do ponto de condensação/orvalho avançou-se para a determinação do caudal de ar a insuflar.

Tendo em conta o valor da carga térmica a remover do espaço, cerca de 440kW, e para um $\Delta T = 11$ °C (diferencial de temperatura tomando por base as temperaturas máxima interior e mínima de insuflação, 29 °C e 18°C, respetivamente), seria necessário insuflar um caudal de 125 000 m³/h.

Verificadas também quais as condições de temperatura de bolbo húmido que correspondem a 99% de probabilidade de ocorrência, ou seja uma temperatura de 25,6 °C e uma humidade relativa de 64 %, é possível atingir os 21,1 °C de temperatura e uma humidade relativa de 92,8 % ($\Delta T = 7.9$ °C), sendo que este processo define a maior capacidade de arrefecimento/humidificação para o sistema em estudo.

Face às limitações do sistema e ao espaço disponível para atravessamento de condutas de distribuição de ar, estabeleceu-se um caudal de 225 000 m³/h (3 unidades de tratamento de ar com 75 000 m³/h cada uma), que se traduz, para as temperaturas de projeto (99 % de probabilidade de ocorrência) a que corresponde um ΔT de 7,9°C na insuflação (de acordo com as condições anteriores), na capacidade de remoção de 575 kW de carga térmica do espaço.

De qualquer forma, para condições de projeto (99% de probabilidade de ocorrência) existe um ligeiro sobredimensionamento que é desejável como reserva para responder a alterações que são sempre expectáveis em espaços deste tipo, e que resultam em aumentos de carga térmica do espaço, seja, por exemplo, pela introdução de novas linhas de produção (existe a intenção de acrescentar uma sétima linha de produção), seja pela alteração das já existentes. Assim, o caudal é definido com base nas condições interiores requeridas, nas cargas térmicas a remover, no tipo de sistema adotado e nas suas limitações, bem como na taxa de renovação daí resultante.

1.8.4. Definição do caudal mínimo de ar novo do sistema

O caudal mínimo de ar novo do sistema foi definido de modo a compensar:

- o caudal de ar das extrações específicas das linhas de produção: 48 000 m³/h;
- o caudal de fugas pela envolvente: ≈ 10 000 m³/h;
- o caudal correspondente à margem de segurança: 9 500 m³/h.

Na Figura 11 encontra-se um esquema representativo de uma UTA que constitui o novo sistema AVAC.

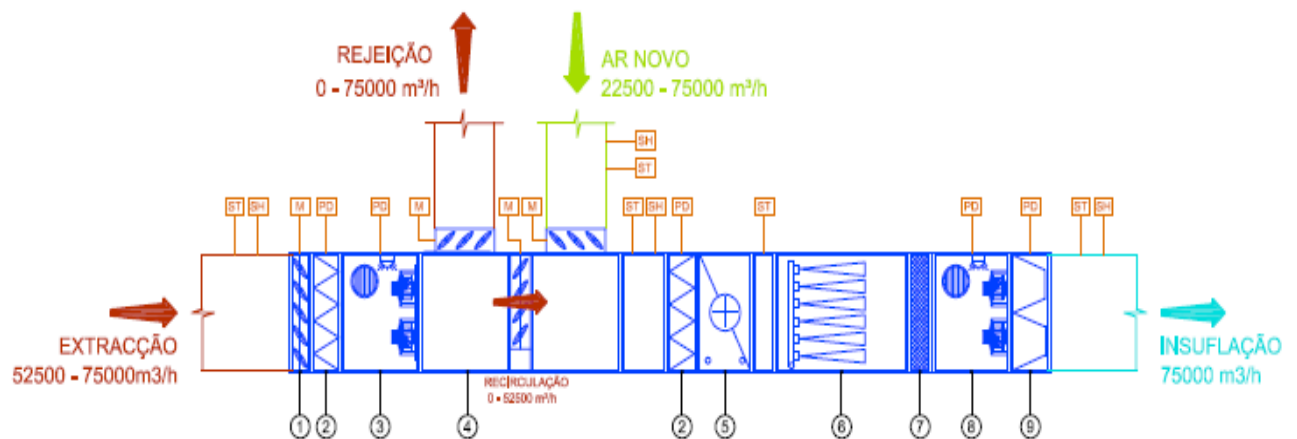


Figura 11 - Esquema representativo de uma UTA do novo sistema AVAC

Legenda:

1. Registo motorizado
 2. Filtro Plano
 3. Ventilador de extração
 4. Módulo de mistura com registos motorizados
 5. Bateria de aquecimento
 6. Módulo de arrefecimento evaporativo
 7. Separador de gotas
 8. Ventilador de insuflação
 9. Filtro de saco
- ST – Sonda de Temperatura
 SH – Sonda de Humidade
 PD – Pressostatos Diferenciais de Pressão
 M - Motor

1.9. Organização da Tese

Ao longo deste primeiro capítulo efetuou-se uma descrição da empresa na qual foi realizado o presente trabalho e mais pormenorizadamente da fábrica *Massas 1*. Efetuou-se ainda um enquadramento teórico dos principais conceitos abordados ao longo do relatório, nomeadamente o processo de produção de massas, a constituição e funcionamento de um sistema AVAC e a legislação associada à determinação do CEE. Ainda neste capítulo apresenta-se de uma forma resumida o projeto de instalação do novo sistema AVAC, que inclui a caracterização climatérica do local, as características térmicas do edifício, a definição do caudal de ar a insuflar na nave e do caudal mínimo de ar novo do novo sistema.

No segundo capítulo aborda-se o principal objetivo do presente trabalho, ou seja, a determinação do CEE da fábrica *Massas 1*. Nele explica-se como se procedeu para a determinação do CEE, os valores obtidos antes e após a instalação do novo sistema AVAC e o confronto destes mesmos valores.

No terceiro capítulo apresenta-se as medições de temperatura e de humidade do ar na nave de produção da fábrica *Massas 1* ao longo dos seis meses de estágio na empresa. Incluem-se a descrição dos equipamentos utilizados nas medições, assim como os pontos de medição escolhidos dentro da nave. Por fim apresentam-se os resultados obtidos das medições efetuadas antes e após a instalação do novo sistema AVAC e procede-se ainda ao confronto dos valores obtidos de forma a perceber a evolução ocorrida ao longo do tempo.

No quarto capítulo aborda-se a qualidade do produto final, ou seja, das massas produzidas na fábrica *Massas 1*, apresentando-se valores obtidos nos ensaios de cozedura e de teor de humidade antes e após a instalação do novo sistema AVAC. Utilizou-se os valores obtidos destes dois parâmetros para perceber se a instalação do novo sistema AVAC influenciou a qualidade dos produtos.

Por fim, apresenta-se as principais conclusões retiradas deste relatório e sugestões para possíveis trabalhos futuros.

2. Consumo Específico de Energia (CEE) na fábrica *Massas 1*

Tal como referido anteriormente, o principal objetivo deste trabalho consistiu na determinação do impacto do funcionamento do novo sistema AVAC nos Consumos Específicos de Energia na fábrica *Massas 1*.

Antes de mais há que referir que todos os valores de consumo de energia e de CEE mencionados neste capítulo foram calculados recorrendo à leitura de contadores de energia elétrica e de gás natural existentes no Centro de Produção da Maia e verificou-se que por vezes estes diferem, ainda que de forma pouco significativa, dos valores que constam nas faturas de energia elétrica e de gás natural recebidas.

De referir também que foram calculados os valores de CEE para todo o Centro de Produção da Maia, ou seja, para a fábrica *Massas 1*, fábrica *Massas 2*, fábrica de *Bolachas*, *Semolaria* e *Pellets*. Contudo, neste relatório, apresentar-se-ão apenas os valores referentes à fábrica *Massas 1* pois é sobre esta que incide o presente trabalho. Para o cálculo dos CEE criou-se um ficheiro *Excel* onde se introduziu os valores mensais de produção, calculou-se os consumos mensais de energia elétrica e de gás natural e com estes dois valores determinou-se então o CEE mensal.

Para além de existirem consumos de energia e de gás natural relativos apenas a cada secção que constitui o Centro de Produção da Maia, existem consumos comuns como é o caso, por exemplo, do laboratório, da cantina e dos escritórios/serviços técnicos. Por este motivo, utilizou-se as proporções de produção para a divisão dos consumos comuns pelas áreas de fabrico. O cálculo dos consumos mensais totais de energia elétrica e de gás natural da fábrica *Massas 1* foi então efetuado somando os consumos apresentados nos contadores referentes à fábrica com a proporção relativa à produção correspondente dos consumos de energia comuns. No Anexo A pode-se observar o cálculo dos consumos mensais de energia elétrica e de gás natural para a fábrica *Massas 1*.

Na Tabela 3 encontram-se os valores obtidos de CEE para a fábrica *Massas 1* no ano de 2014 e até Setembro de 2015, visto que até ao término deste relatório só possuía dados para calcular o CEE até este mês. Os valores que se encontram destacados a verde são relativos aos meses de funcionamento do novo sistema AVAC. Os valores de CEE respeitantes aos totais anuais do ano de 2015 foram calculados apenas com os valores até ao mês de Setembro, salvaguardando por isso que sofrerão alterações até ao término do presente ano.

Tabela 3 – Valores de CEE calculados para o ano de 2014 e de 2015

Consumo Específico de Energia (kgep/ton)						
Mês	Ano 2014			Ano 2015		
	Eletricidade	Gás Natural	Global	Eletricidade	Gás Natural	Global
Janeiro	42,71	35,57	78,28	48,04	28,12	76,16
Fevereiro	44,84	35,25	80,09	45,20	37,64	82,84
Março	44,87	37,61	82,48	47,95	36,08	84,03
Abril	48,62	37,40	86,02	46,28	33,84	80,12
Maio	43,83	35,17	79,00	50,61	35,33	85,94
Junho	51,93	34,65	86,58	49,27	34,03	83,30
Julho	47,98	33,06	81,04	50,55	34,75	85,30
Agosto	52,36	39,97	92,33	47,73	32,96	80,69
Setembro	46,85	35,08	81,94	48,77	35,00	83,77
Outubro	50,84	35,96	86,80	-	-	-
Novembro	47,67	32,84	80,52	-	-	-
Dezembro	49,16	39,90	89,06	-	-	-
Total Anual	47,29	35,85	83,14	48,28	34,23	82,51

Pela observação da Tabela 3, constata-se que, de uma forma geral, o CEE referente à eletricidade aumentou, excetuando os casos dos meses de Abril, Junho e Agosto, tendo o valor total aumentado de 47,29 kgep/ton para 48,28 kgep/ton. No entanto, quando se comparam os meses de funcionamento do novo sistema AVAC com os meses homólogos do ano de 2014, verifica-se que ocorreu um decréscimo no valor de CEE de 1,4%. Quanto ao CEE referente ao gás natural verifica-se que este diminuiu em praticamente todos os meses, tendo até ao mês de Setembro ocorrido uma diminuição do seu valor total de 35,85 kgep/ton para 34,3 kgep/ton. Quando se comparam os meses de funcionamento do novo sistema AVAC com os meses homólogos de 2014 verifica-se que ocorreu um decréscimo de 4,2% no valor de CEE, o que é bastante significativo. Quanto aos CEE globais, verifica-se um decréscimo do valor total de 83,14 kgep/ton para 82,51 kgep/ton.

Centrando agora apenas nos quatro meses de funcionamento do novo sistema AVAC, de forma a observar o impacto deste nos valores de CEE da fábrica *Massas 1*, verifica-se que não existe uma tendência de variação do valor, pois este aumentou em dois dos meses e diminuiu nos outros dois meses.

Após esta análise conclui-se que o novo sistema AVAC contribuiu até ao momento para uma diminuição do CEE na fábrica *Massas 1*, e comparando o CEE global dos meses de funcionamento do novo AVAC com os meses homólogos do ano anterior verifica-se um decréscimo de 2,6%. No entanto, este não é o resultado que se esperava, uma vez que se sabia de antemão que o novo sistema AVAC provocaria um aumento significativo nos

consumos de energia elétrica e de gás natural, o que levaria a um agravamento dos valores de CEE na fábrica *Massas 1*. De salientar também que a diminuição verificada no CEE global, leva a que este se tenha aproximado do valor objetivo para o ano de 2015 de 72,09 kgep/ton e da meta estabelecida para 2016 de 73,09 kgep/ton. O desvio do objetivo e da meta, até ao mês de Setembro de 2015, é de 14,5% e de 12,9%, respetivamente.

Na Tabela 4 encontra-se os valores de consumo de energia elétrica dos quatro meses de funcionamento do sistema AVAC e dos meses homólogos do ano de 2014, de forma a comprovar o aumento esperado no consumo de energia.

Tabela 4 - Consumos de energia elétrica e CEE das linhas de produção e do sistema AVAC

	2014				2015			
	Consumo Energia Elétrica (kWh)				Consumo Energia Elétrica (kWh)			
	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Junho	Julho	Agosto	Setembro
Linha A	30068	32981	22242	38503	35264	26866	33157	36512
Linha B	43391	42767	41324	48506	53710	42450	42611	46574
Linha C	95396	97253	72317	103927	123792	94646	93588	103927
Linha E	39964	43635	38165	96023	81660	43772	74998	67906
Linha F	22903	22068	17401	18966	17173	18250	17634	24524
Linha G	16745	17558	12762	15148	15286	15692	12404	22917
AVAC	19906	23353	20378	23004	65571	65492	69480	79488
Diversos (equip. aux.)	107230	107925	94964	120041	141526	113881	117696	136749
Produção (ton)	1964	2289	1710	2181	2757	2252	2498	2735
CEE Linhas + Diversos (kgep/ton)	38,94	34,21	37,62	43,48	36,53	33,95	33,75	34,52
CEE AVAC (kgep/ton)	2,18	2,19	2,56	2,27	5,11	6,25	5,98	6,25
CEE Eletricidade (kgep/ton)	41,12	36,40	40,18	45,75	41,64	40,20	39,73	40,77

Ao analisar-se a Tabela 4 é possível constatar que apesar de ter ocorrido um aumento bastante elevado nos consumos de energia elétrica do sistema AVAC, isso não se traduziu num aumento do CEE da fábrica. Verifica-se que houve um aumento do CEE do sistema AVAC, tal como se esperava, no entanto verificou-se uma diminuição dos valores de CEE das linhas de produção. Esta diminuição pode ser explicada não só pela diminuição, em alguns casos, dos consumos de energia elétrica nas linhas, mas também pelo aumento da produção mensal. Estes factos levam a acreditar que as novas condições do ar da nave após a instalação do novo sistema AVAC tem influência direta no processo de fabrico, principalmente no processo de secagem, visto ser este o maior consumidor de energia. O facto das condições do ar ambiente, que é depois utilizado na secagem, possuir melhores condições de temperatura e de humidade, leva a que haja uma otimização do processo, levando a uma diminuição dos consumos energéticos e dos desperdícios, o que se traduz num aumento da

produção. Ou seja, com a mesma quantidade de energia consegue-se obter uma maior produção, o que leva a uma diminuição direta do valor de CEE.

Na Tabela 5 encontra-se os valores de consumo de gás natural dos meses de funcionamento do novo sistema AVAC assim como dos meses homólogos de 2014. De referir que os valores de consumo se encontram em m³ corrigidos, ou seja, o seu valor foi determinado tendo em conta um fator de correção que depende das condições de temperatura e de pressão do gás.

Tabela 5 - Consumos de gás natural e valores de CEE correspondentes

	2014				2015			
	Consumo Gás Natural (m ³ corrigidos)				Consumo Gás Natural (m ³ corrigidos)			
	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Junho	Julho	Agosto	Setembro
	74786	83173	75101	84088	103104	85981	90479	105162
Produção (ton)	1964	2289	1710	2181	2757	2252	2498	2735
CEE (kgep/ton)	34,65	33,06	39,97	35,08	34,03	34,75	32,96	35,00

Pela Tabela 5 comprova-se que ocorreu um aumento do consumo de gás natural. Este aumento pode ser explicado pela maior necessidade de aquecimento do ar nos radiadores no processo de secagem, visto que o ar na nave se encontrava a uma temperatura inferior após a instalação do novo sistema AVAC, como se vai poder observar no capítulo seguinte. Contudo, tal como verificado no caso da energia elétrica, este aumento no consumo de gás natural não se traduziu num aumento do CEE, como se pode constatar pela Tabela 5. Mais uma vez, pensa-se que este facto estará relacionado com a otimização do processo de fabrico, em especial do processo de secagem. Uma vez que este processo deve ser lento, para que se obtenha uma secagem adequada e consequentemente uma maior qualidade do produto, as temperaturas mais baixas e as humidades mais elevadas favoreceram o processo. Condições estas que se alcançaram após a instalação do novo sistema AVAC, tal como se irá constatar no capítulo 3.

3. Medições de temperatura e de humidade do ar

Um dos principais objetivos da instalação de um novo sistema AVAC no fabrico de *Massas 1* foi o de alcançar uma maior estabilidade e controlo da temperatura e da humidade do ar na nave. Estas duas variáveis são muito importantes no fabrico das massas pois influenciam diretamente o seu processo de secagem, que por sua vez influencia a qualidade do produto final.

As condições interiores de temperatura e humidade do ar da nave são influenciadas por diversos fatores, nomeadamente, condições climatéricas, quantidade e tipo de unidades de produção em funcionamento, bem como o número de horas de funcionamento dos equipamentos. Uma maior humidade e temperatura exterior reflete-se automaticamente numa maior humidade e temperatura no interior da fábrica. Assim como, uma maior quantidade de equipamentos em funcionamento e durante mais tempo traduz-se numa maior libertação de energia térmica para o ar envolvente. Em suma, era necessário um sistema AVAC que conseguisse compensar todas estas oscilações que vão havendo ao longo do tempo de forma a obter um ambiente interior mais controlado e que conseguisse resolver alguns problemas que o antigo sistema não conseguia. O anterior sistema AVAC não possuía a capacidade de manter o interior do salão de fabrico pressurizado, o que era muito negativo e dificultava muito o controlo do ambiente temperatura/humidade no interior das linhas. Este facto devia-se à admissão de ar exterior através do circuito das chaminés de exaustão, que provocava elevado choque térmico nas zonas onde se fazia sentir a sua influência, com consequências nefastas para o processo de secagem das massas, que se traduzia por produto não conforme e sem cumprir os requisitos de qualidade.

3.1 Equipamento de medição

Com o intuito de verificar as alterações alcançadas com o novo sistema AVAC foi necessário realizar medições de temperatura e de humidade do ar no interior da fábrica antes e após a instalação do novo sistema. Estas medições foram realizadas com os equipamentos AMI 300 STD e AQ 200 da marca KIMO (Figura 12), cedidos pelo Laboratório AVAC do Departamento de Engenharia Mecânica do ISEP, e possuem, entre outros instrumentos, uma sonda de temperatura e de humidade relativa. Estes dois equipamentos têm exatamente a mesma função e foram utilizados conforme a disponibilidade do referido laboratório. A sonda de temperatura/humidade relativa do equipamento AMI 300 STD possui um erro de medição de $\pm 2\%$ para a leitura da temperatura e de $\pm 1,5\%$ para a leitura humidade relativa. Já a sonda do equipamento AQ 200 possui um erro de medição de $\pm 0,4\%$ para a leitura da temperatura e de $\pm 1,8\%$ para a leitura da humidade relativa.

Foi ainda utilizado um medidor de distância da marca FLUKE (Figura 12), também cedido pelo mesmo laboratório, de forma a medir a distância entre o ponto de leitura e o chão da fábrica, de modo a saber a altura do ponto de leitura. Este medidor possui um erro de medição de $\pm 1,5$ mm.



Figura 12 - Equipamentos utilizados nas medições realizadas

3.2. Locais de medição

Mediu-se a temperatura e a humidade relativa em 21 pontos diferentes da fábrica, a diferentes cotas, de modo a cobrir a maior área possível da fábrica, uma vez que se notavam grandes oscilações dos parâmetros medidos ao longo do edifício, salvaguardado que não foi possível chegar a todos os pontos onde seria importante obter-se medições devido a dificuldades de acesso. Na Figura 13 encontra-se representada a planta da nave da fábrica com os 21 pontos de leitura assinalados a vermelho.

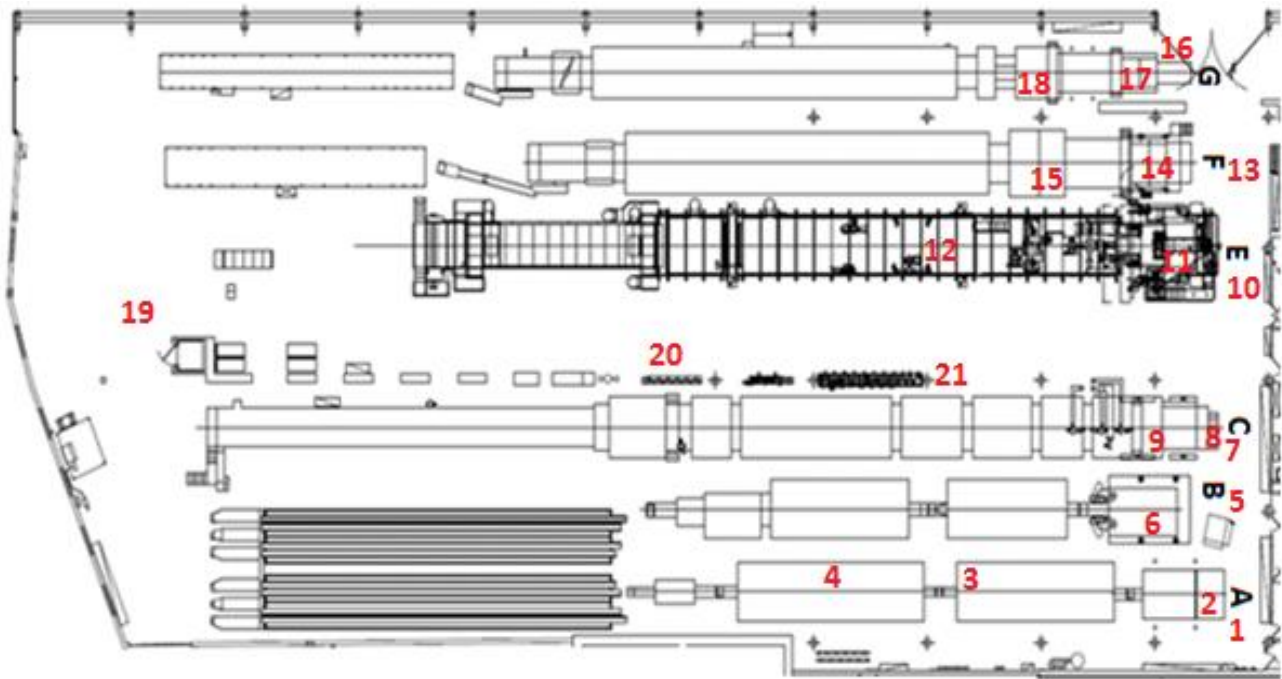


Figura 13 - Planta da nave de produção com os pontos de medição assinalados

Em todas as linhas foram medidas a temperatura e a humidade do ar na zona de produção do empasto (que correspondem aos pontos de leitura A, B, C, E, F e G mistura), na qual se verifica grande libertação de energia térmica devido à utilização de água quente no processo. Existem também pontos de leitura no início de todas as linhas, tal como se pode constatar observando a parte mais à direita da Figura 13, pontos estes cujas medições foram realizadas no chão da fábrica, ou seja, sem estar efetivamente na linha de produção, e que correspondem às medições denominadas de A, B, C, E, F e G chão. A maior parte da libertação de energia no processo de produção das massas dá-se nas etapas que antecedem a secagem, pois os secadores possuem um bom isolamento térmico, daí também a escolha dos pontos de leitura assinalados na Figura 13.

É de salvaguardar que grande parte das medições nos diferentes dias, não foram feitas nas mesmas condições. As linhas de fabrico em funcionamento não eram sempre as mesmas, uma vez que algumas se encontravam paradas para manutenção ou por excesso de stock.

No Anexo A encontram-se todos os resultados obtidos nas medições realizadas. De forma a fazer uma abordagem mais simplificada dividiu-se os resultados realizados antes e após a instalação do novo sistema AVAC.

3.3. Resultados das medições antes da instalação do novo sistema

AVAC

Antes da instalação, ou seja, com o sistema AVAC antigo, verificavam-se temperaturas muito elevadas no interior da fábrica e humidades baixas relativamente ao pretendido. É necessário ter em conta o facto de estas medições terem sido realizadas entre os dias 1 de Abril e 12 de Maio, que é uma época sazonal com temperaturas e humidades amenas, tal como se pode ver pelas temperaturas e humidades ambientes registadas (Anexo B, Tabela B.1. E Tabela B.2.). Quer-se com isto dizer que, mesmo com um cenário que não é crítico em questões climatéricas como seria no pico do Verão, onde se tem temperaturas elevadas e humidades baixas, ou no pico do Inverno, onde geralmente se tem humidades elevadas e temperaturas baixas, o cenário relativamente a temperaturas e humidades do ar no interior da nave não é satisfatório. Este facto faz concluir que o sistema AVAC antigo não conseguia, mesmo em situações ditas mais favoráveis, manter um ambiente satisfatório na fábrica, muito menos compensar as oscilações de temperatura e humidade provocadas pelas épocas sazonais.

Como se pode observar na medição 5 da Tabela B.2. do Anexo B, onde a humidade relativa ambiente registada (no exterior) foi de 73,2 % verificou-se um aumento significativo da humidade no interior da nave nesse dia, o que não acontecia de uma forma tão acentuada com humidades do ar exterior mais baixas, onde o sistema AVAC teria alguma capacidade de controlo.

Tal como já referido, as medições foram realizadas com situações de funcionamento diferentes no interior da fábrica, pois por vezes algumas das linhas encontravam-se paradas. Nas Tabelas B.1, B.2, B.3 e B.4 do Anexo B encontram-se mencionadas as linhas de produção que se encontravam paradas aquando da realização das medições, o que poderá ter influência nos resultados obtidos nas mesmas.

Contudo, é necessário fazer uma análise global dos dados e por isso construiu-se a Tabela 6, na qual se encontram representados a média, para cada ponto de medição, em cada linha, e o respetivo desvio padrão dos resultados obtidos de temperatura e de humidade relativa do ar na nave, de todas as medições realizadas antes da instalação.

Tabela 6 – Resultados globais obtidos nas medições de temperatura e humidade relativa do ar antes da instalação do novo sistema AVAC

Local Leitura	Altura (m)	Média Temperatura (°C)	Desvio Padrão Temperatura (°C)	Média Humidade Relativa (%)	Desvio Padrão Humidade Relativa (%)
1. Linha A chão	0,0	32,4	3,3	58,6	7,0
2. Linha A mistura	3,4	36,9	1,3	56,0	4,9
3. Linha A pré-sacadores	3,7	39,7	1,8	44,0	4,5
4. Linha A secadores	3,9	39,4	1,5	39,7	3,5
5. Linha B chão	0,0	34,6	1,9	49,5	6,8
6. Linha B mistura	3,2	39,3	1,7	48,0	5,1
7. Linha C chão	0,0	35,2	2,3	46,1	5,9
8. Linha C estendedeira	1,3	37,4	1,9	48,0	4,9
9. Linha C mistura	3,7	38,7	2,4	45,7	3,7
10. Linha E chão	0,0	34,3	2,3	45,5	5,2
11. Linha E mistura	4,9	38,2	2,2	46,7	3,9
12. Linha E secadores	3,9	38,2	1,9	44,3	3,6
13. Linha F chão	0,0	35,3	2,3	42,4	5,7
14. Linha F mistura	2,4	36,2	1,7	44,0	6,0
15. Linha F secadores	2,9	37,7	1,7	44,1	5,1
16. Linha G chão	0,0	35,3	1,7	43,9	5,4
17. Linha G mistura	1,3	37,2	1,6	45,3	5,7
18. Linha G secadores	1,8	37,3	1,3	47,4	4,4
19. Corredor linhas C e E (1)	0,0	35,2	1,5	44,9	4,0
20. Corredor linhas C e E (2)	0,0	35,0	1,4	45,5	5,6
21. Fundo fábrica	0,0	35,6	1,5	44,1	6,0

No que respeita às médias de temperatura e de humidade comprova-se o que foi dito anteriormente relativamente ao facto de se verificarem temperaturas muito elevadas e humidades abaixo do pretendido. Antes da instalação do novo sistema AVAC a gama de temperatura do ar na fábrica era de 32,4°C a 39,7°C, e a gama de humidade relativa de 39,7% a 58,6%, tal como se comprova através da Tabela 6. Estes valores encontram-se não só aquém dos pretendidos para o ar no interior da nave (25 °C a 29 °C para a temperatura e 60% a 85% para a humidade relativa), mas também em questões de qualidade do ambiente de trabalho para os funcionários. Pela observação da Tabela 6 verifica-se também que o desvio padrão da humidade é muito superior ao da temperatura, o que indica que a humidade é um parâmetro bem mais crítico do que a temperatura, pois existe uma grande dispersão nos seus valores. Esta dispersão deve-se, tal como já referido, às condições climatéricas, às diferentes situações de funcionamento e ainda à incapacidade do sistema AVAC para compensar ou minimizar estas alterações.

3.4. Resultados das medições após a instalação do novo sistema

AVAC

Após a instalação do novo sistema AVAC verificou-se, de semana para semana, um visível melhoramento nas condições na nave, ou seja, constatou-se uma diminuição da temperatura e um aumento da humidade relativa. As medições foram realizadas entre os dias 26 de Maio e 29 de Setembro, época em que a temperatura é mais elevada e a humidade mais baixa, contudo, a média de temperatura (27,4°C) e de humidade (43,4%) no exterior da fábrica neste período de medições é idêntica à obtida no período de medições anterior (26,3°C e 44,1%). Mesmo assim conseguiu-se uma redução da temperatura e um aumento da humidade, o que comprova que o novo sistema AVAC está efetivamente a cumprir o seu objetivo.

Pode-se comprovar pela medição 10 da Tabela B.4 do Anexo B, onde as condições climatéricas exteriores foram de 18,6°C de temperatura e 84,0% de humidade relativa, ou seja, dia em que se verificou uma temperatura mais baixa e uma humidade consideravelmente mais elevada do que o habitual, que as condições dentro da fábrica não se alteraram, quer isto dizer, que o novo sistema AVAC conseguiu compensar as alterações climatéricas exteriores, mantendo o ambiente da nave dentro dos valores esperados.

É de salientar que aquando das primeiras medições depois da instalação do novo sistema, este ainda se encontrava em ajustes, fazendo com que as alterações sejam mais visíveis nas medições mais recentes, em que já é possível observar um conjunto de resultados bastante uniforme.

Na Tabela 7 apresentam-se os resultados das medições realizadas após a instalação do novo sistema AVAC.

Tabela 7 - Resultados globais obtidos nas medições de temperatura e humidade relativa do ar depois da instalação do novo sistema AVAC

Local Leitura	Altura (m)	Média Temperatura (°C)	Desvio Padrão Temperatura (°C)	Média Humidade Relativa (%)	Desvio Padrão Humidade Relativa (%)
1. Linha A chão	0,0	26,6	1,8	59,1	6,3
2. Linha A mistura	3,5	31,0	2,2	52,8	5,7
3. Linha A pré-sacadores	3,7	32,7	1,9	46,2	5,6
4. Linha A secadores	4,0	32,5	2,2	43,4	6,3
5. Linha B chão	0,0	28,3	2,0	55,3	7,9
6. Linha B mistura	3,3	32,8	2,1	48,7	6,0
7. Linha C chão	0,0	28,3	2,0	54,8	8,2
8. Linha C estendedeira	1,3	30,2	2,0	49,3	6,3
9. Linha C mistura	3,7	33,4	1,8	49,0	5,6
10. Linha E chão	0,0	28,1	1,6	55,3	7,7
11. Linha E mistura	4,8	33,5	1,7	52,9	6,7
12. Linha E secadores	3,9	31,9	1,6	45,8	7,6
13. Linha F chão	0,0	30,3	1,2	52,3	7,7
14. Linha F mistura	2,4	30,6	1,4	51,7	7,1
15. Linha F secadores	2,9	31,7	2,2	48,0	8,0
16. Linha G chão	0,0	30,9	1,9	52,2	8,0
17. Linha G mistura	1,4	31,7	2,1	50,1	7,6
18. Linha G secadores	1,6	31,8	2,1	50,4	7,2
19. Corredor linhas C e E (1)	0,0	29,5	1,6	50,8	7,6
20. Corredor linhas C e E (2)	0,0	28,5	1,2	51,6	8,8
21. Fundo fábrica	0,0	29,4	1,8	48,4	7,7

Como é possível comprovar pela Tabela 7, após a instalação do novo sistema, a média de temperatura diminuiu em todos os pontos e a de humidade aumentou, tal como se pretendia. A gama de temperatura do ar no interior da fábrica situa-se agora entre os 26,6°C e os 33,5°C e a gama de humidade entre os 45,8% e 59,1%. De uma forma geral o desvio padrão da temperatura diminuiu ainda que ligeiramente, o que comprova um maior controlo deste parâmetro. Contudo, verifica-se um ligeiro aumento do desvio padrão da humidade, porém esta situação pode ser explicada pelo facto de, como referido anteriormente, as primeiras medições após a instalação do sistema terem sido realizadas com o sistema ainda em ajustes e num período de arranque, o que fez com que o melhoramento das condições interiores não fosse logo notório.

3.5. Confronto dos resultados obtidos antes e após a instalação do novo AVAC

Após analisados separadamente, faz-se agora uma análise conjunta dos valores das medições de temperatura e de humidade relativa do ar antes e após a instalação do novo sistema AVAC.

Na Figura 14 encontra-se representado graficamente a média das temperaturas dos diferentes 21 pontos de medição, antes e depois da instalação do novo AVAC, de forma a ser mais visível a sua evolução.

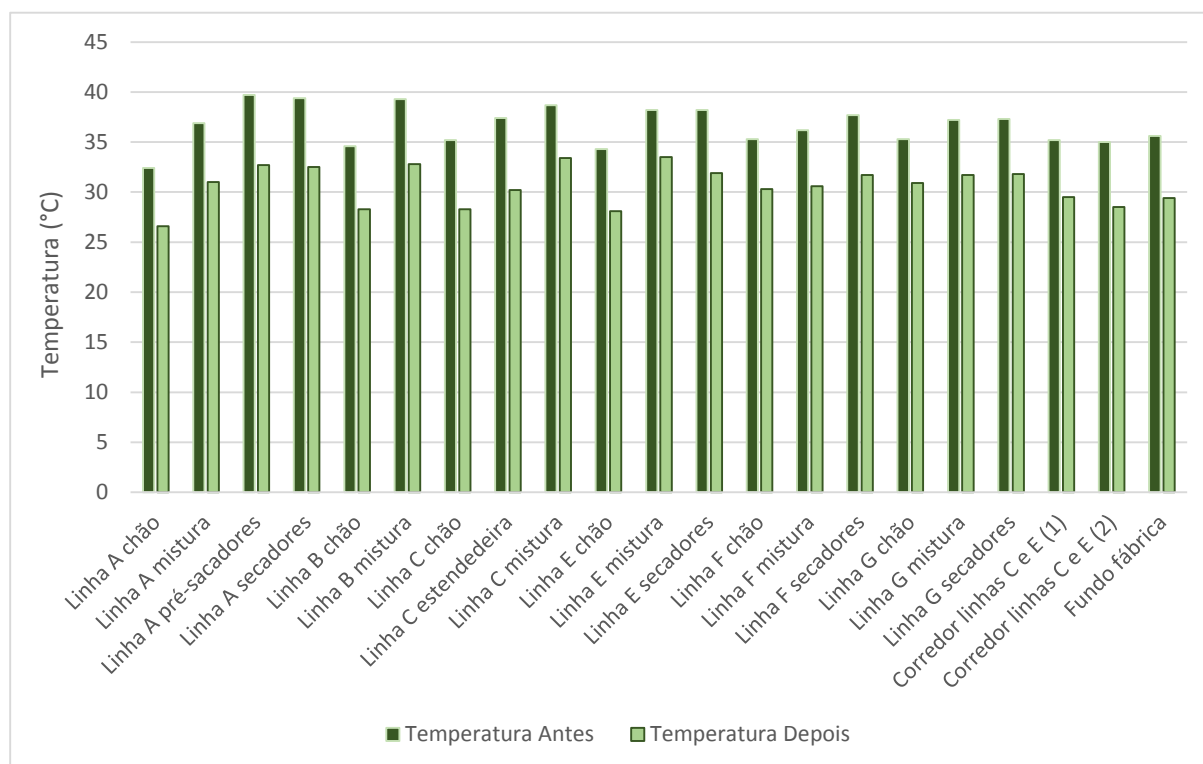


Figura 14 - Valores de temperatura média nos 21 pontos de medição antes e depois do novo sistema AVAC

Como se pode constatar pela Figura 14, houve uma diminuição significativa da temperatura em todos os pontos de medição, tendo-se verificado uma diminuição média de 6°C, valor com uma desvio padrão associado de 0,7°C. Este valor de diminuição da temperatura resultou da média da diferença dos valores de temperatura obtidos antes e após a instalação do novo AVAC de todos os pontos de medição. Esta constatação leva-nos a concluir que o sistema AVAC está a desempenhar bem o seu papel relativamente à pretendida diminuição da temperatura. No entanto, ainda não se atingiu o objectivo de ter um temperatura entre os 26°C e os 29°C em toda a nave de fabrico. Contudo há que ter em conta o ainda pouco tempo de funcionamento do novo sistema AVAC, os ajustes efetuados e o facto destas medições terem sido realizadas durante a época sazonal de maiores temperaturas.

Na Figura 15 encontra-se desta vez representada a evolução da média das humidades relativas do ar nos 21 pontos de medição, antes e depois da instalação do novo AVAC.

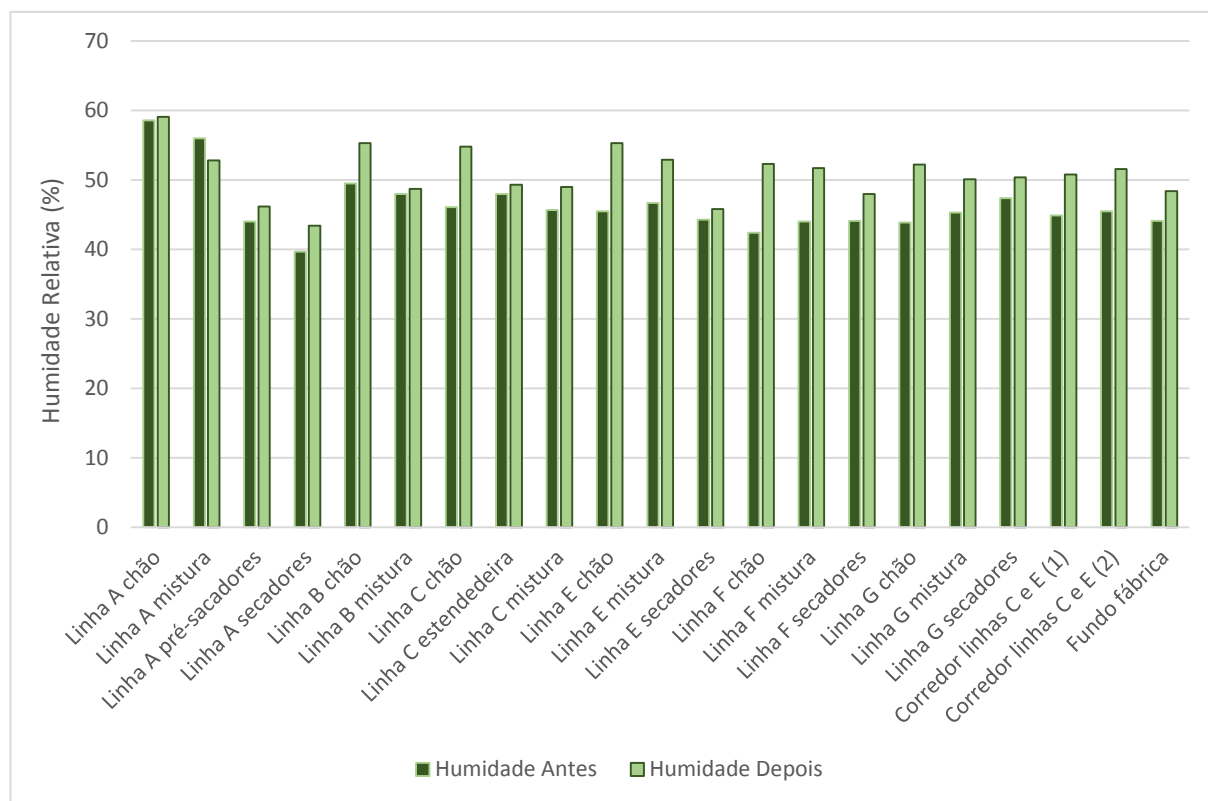


Figura 15 - Valores de humidade relativa média nos 21 pontos de medição antes e depois do novo sistema AVAC

Relativamente à humidade do ar da nave de fabrico, pretendia-se que esta aumentasse, o que aconteceu tal como se pode verificar através da Figura 15, à excepção dos dois pontos de medição Linha A Chão e Linha A mistura. Fazendo-se a média da diferença das humidades obtidas nas medições efectuadas antes e após a instalação do novo AVAC, obteve-se um valor de aproximadamente 5%, com um desvio padrão associado de 3,3%. Contudo, mais uma vez, ainda não se atingiu os valores de humidade pretendidos que se encontram entre os 65 % e os 85%. Também neste caso há que ter em conta o ainda pouco tempo de funcionamento do sistema AVAC, os ajustes realizados na fase inicial e o facto das medições terem sido realizadas durante uma época sazonal de humidades mais baixas.

4. Qualidade do produto

Com o particular controlo do teor de humidade e temperatura no interior da nave de fabrico, alcançado com o novo sistema AVAC, ter-se-á garantias de que o ar admitido do interior da nave para o processo de secagem das massas não será um fator de risco mas sim um parâmetro controlado, que permitirá o normal funcionamento dos processos de secagem de massas nas diferentes linhas, com a obtenção de produto final com o teor de humidade pretendido e qualidade adequada no que diz respeito à cor dos produtos e resistência à cozedura.

No laboratório são realizadas análises às cinzas das massas, parâmetro que depende da qualidade da matéria-prima, e não do processo de produção; à cor das massas, que depende da matéria-prima e também do teor de humidade; e ensaios de cozedura e de teor de humidade, fatores que dependem do processo de secagem. Assim sendo, analisou-se os resultados obtidos nos ensaios de cozedura e humidade realizados antes e após a instalação do novo sistema, uma vez que são diretamente influenciados pelo processo de secagem e consecutivamente pelas condições de temperatura e de humidade do ar da nave. Fez-se uma comparação dos mesmos de modo a perceber se existiram alterações causadas pelo novo AVAC.

4.1. Ensaios de cozedura

Nos ensaios de cozedura controla-se o tempo de cozedura dos diferentes tipos de massa e verifica-se se este se encontra dentro da gama esperada. Analisa-se ainda o comportamento da massa após a cozedura, ou seja, se esta se deforma, se quebra ou até mesmo se desfaz.

Feita uma análise aos 146 resultados disponíveis de ensaios de cozedura (Anexo C – Tabelas C.1 e C.2), constatou-se que existem 24 valores fora das gamas esperadas, dos quais 20 verificaram-se antes da instalação do novo sistema AVAC e apenas 4 após a instalação. Contudo, é de salientar que das 146 análises realizadas, 100 foram realizadas antes da instalação do novo sistema AVAC e apenas 46 depois da instalação. Ainda assim, constata-se que houve uma melhoria neste campo, salvaguardando sempre que a cozedura da massa não é apenas afetada pelo processo de secagem, uma vez que a matéria-prima também poderá ter a sua influência.

4.2. Teor de humidade

Relativamente à humidade da massa, a sua gama ótima encontra-se entre os 11,5 e os 12,5 %, sendo que quanto mais próximo do limite superior melhor. Tendo isto por base, analisou-se os resultados disponíveis dos ensaios de análise do teor de humidade,

determinando-se quantos se encontram fora da gama pretendida. Assim sendo, de 796 análises realizadas antes da instalação, 162 encontram-se fora da gama desejada, o que corresponde a uma percentagem de 20,4 %. Dos 162 valores, 102 possuem uma humidade inferior a 11,5 % e 60 uma humidade superior a 12,5 %, o que se traduz numa percentagem de 12,8% e 7,5%, respetivamente. Comparativamente, após a instalação realizaram-se, até o dia 15 de Setembro, 746 análises, das quais 204 encontram-se fora da gama pretendida, o que corresponde a uma percentagem de 27,3%. Dos 204 valores, 86 possuem uma humidade inferior a 11,5 % e 118 uma humidade superior a 12,5 %, o que se traduz numa percentagem de 11,5% e 15,8%, respetivamente.

Confrontando os valores obtidos antes e após a instalação do sistema AVAC, constata-se que houve um aumento de 6,9 % de amostras com humidade fora da gama desejada, sendo que houve uma diminuição, ainda que ligeira, de análises com valores abaixo dos 11,5% de humidade e um aumento de análises com valores superiores a 12,5 %. Ao observar-se todos os resultados, antes e após a instalação, constata-se que, de uma forma geral, a humidade da massa aumentou com o novo sistema AVAC em funcionamento, o que levou a que aquelas que se encontravam abaixo dos 11,5 % possuam agora valores dentro da gama desejada e os que já se encontravam dentro desta, excedam o valor de 12,5 % de humidade. Este aumento de humidade nas massas é compatível com o aumento da humidade no interior da fábrica, descrito anteriormente. É de salientar que nem todos os produtos que se encontram fora da gama de humidade pretendida são rejeitadas, pois depende do tipo de massa e ainda do cliente a quem se destinam. Por exemplo, existem tipos de massas que perdem humidade ao longo do tempo, já depois de embaladas, tal como o tipo de massa letras, o que leva a que mesmo que possuam uma humidade ligeiramente superior a 12,5% não seja crítico pois a massa acabará por perder alguma dessa humidade e ficar com o teor pretendido. Por outro lado existem tipos de massa em que isso não acontece e com estas é necessário um controlo mais rigoroso como é o caso, por exemplo, da massa tipo cuscus.

Para a construção do gráfico da Figura 16, confrontou-se os dados relativos aos tipos de massa com maior número de análises, contudo este não ilustra o referido anteriormente acerca do aumento dos teores de humidade antes e depois a instalação do novo sistema AVAC.

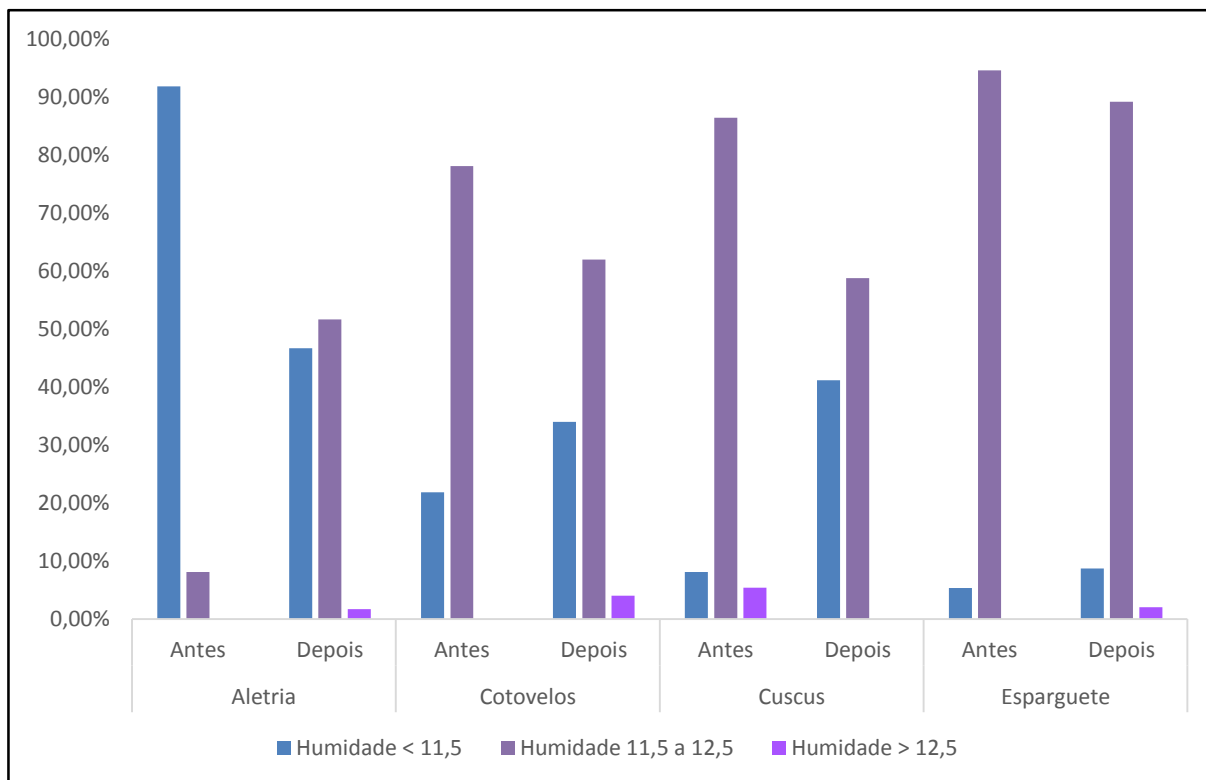


Figura 16 – Percentagem de análises com humidades dentro das três gamas referidas

Como se pode observar pela visualização do gráfico da Figura 16, em três dos quatro tipos de massa apresentados, apenas existem teores de humidade superiores a 12,5% depois da instalação do novo AVAC, o que suporta as conclusões retiradas anteriormente sobre o aumento de humidade do ar na fábrica estar relacionado com um aumento da humidade das massas. Contudo, através da Figura 16 não são visíveis as constatações retiradas anteriormente sobre o facto da humidade da massa ter aumentado com o novo sistema AVAC em funcionamento. Este facto levaria a que as massas que possuíam valores de humidade abaixo dos 11,5 % possuísem agora valores dentro da gama desejada. Contudo, em todos os casos, excetuando a aletria, a percentagem de análises com valores de humidade inferior a 11,5% aumentou depois da instalação e a percentagem de análises com teor de humidade dentro da gama pretendida diminuíram. Por esta razão, apresenta-se de seguida a Tabela 8, na qual se encontra uma média dos teores de humidade relativos a vários tipos de massa analisados, antes e depois da entrada em funcionamento do novo sistema AVAC. Através da Tabela 6 é possível comprovar a teoria de que o novo sistema AVAC levou a um aumento do teor de humidade de quase todos os tipos de massa analisados.

Tabela 8 - Humidade relativa média para diferentes tipos de massa, antes e depois do novo sistema AVAC

Tipo Massa	Antes	Depois	Tipo Massa	Antes	Depois
	Humidade Média (%)	Humidade Média (%)		Humidade Média (%)	Humidade Média (%)
Aletria	10,9	11,4	Laços	12,2	12,3
Argolinhas	11,1	11,6	Letras	12,3	12,3
Bagos	12,1	12,0	Linguine	12,4	12,4
Bucatini	11,6	11,7	Lírios	12,4	12,4
Conchas	12,2	12,3	Lluvia	12,4	12,4
Cotovelinhos	11,6	11,6	Macarrão	12,4	12,4
Cotovelos	11,8	12,0	Macarronete	12,5	12,5
Curvas Riscadas	10,9	11,2	Margaridas	12,5	12,5
Cuscus	12,1	11,5	Meada	12,5	12,6
Esparguete	12,0	11,9	Mini Laços	12,6	12,6
Esparguete Quadri	11,2	11,5	Ondas	12,6	12,6
Espirais	11,9	12,1	Pontinha	12,6	12,6
Estrelinha	12,2	12,2	Spaghetini	12,6	12,6
Fettuccine	12,2	12,2	Talharim	12,7	12,7
Fideo Entrefino	12,2	12,2			

Como se pode observar na Tabela 8, excetuando os casos das massas do tipo bagos, cuscus e esparguete, o teor médio de humidade dos diferentes tipos de massa analisados aumentou ou manteve-se com a entrada em funcionamento do novo AVAC. Pode-se ainda constatar que os tipos de massa que possuíam um teor mais baixo sofreram um aumento mais significativo comparativamente aos tipos de massa que já possuíam um valor de humidade aceitável, como é o caso, por exemplo, da aletria, argolinhas e curvas riscadas.

5. Conclusões e sugestões para trabalhos futuros

Após a conclusão do presente relatório, conclui-se que, mesmo tendo ocorrido um agravamento dos consumos de energia elétrica e de gás natural após o novo sistema AVAC entrar em funcionamento, isso não se refletiu num aumento dos valores de CEE. Até pelo contrário, ou seja, constatou-se uma diminuição dos valores de CEE ao comparar os quatro meses de funcionamento do novo sistema AVAC contemplados por este relatório (Junho, Julho, Agosto e Setembro) e os meses homólogos do ano de 2014. Analisando os valores de CEE global, CEE da energia elétrica e CEE do gás natural verificou-se uma diminuição destes de 2,6%, 1,4% e 4,2%, respetivamente. Até ao mês de Setembro (último mês abrangido pelo presente estudo) do ano de 2015 obteve-se os valores de CEE global, CEE da energia elétrica e CEE do gás natural de 82,51 kgep/ton, 48,28 kgep/ton, 34,23 kgep/ton, respetivamente.

Quanto às medições efetuadas de temperatura e de humidade relativa do ar da nave, conseguiu-se comprovar que o novo sistema AVAC cumpriu o seu objetivo relativamente à diminuição da temperatura e aumento da humidade. Após a instalação do novo sistema AVAC a gama de temperaturas no interior da fábrica passou de 32,4°C a 39,7°C para uma gama de 26,6°C a 33,5°C. Já a gama de humidades passou de 39,7% a 58,6% para uma gama de 45,8% a 59,1%. Contudo, os valores de temperatura e de humidade relativa alcançados com a entrada em funcionamento do novo sistema AVAC ainda não se encontram dentro dos valores pretendidos pela *Cerealis*.

Relativamente à análise da qualidade do produto final, ao comparar os valores obtidos nos ensaios de cozedura e do teor de humidade efetuados antes e após a instalação do novo sistema AVAC, conclui-se que, de uma forma geral, houve um aumento na humidade dos diferentes tipos de massa.

Para trabalhos futuros sugere-se que seja feito um estudo aprofundado sobre o sistema de secagem das massas de forma a perceber exatamente de que forma as condições do ar produzido pelo novo sistema AVAC interfere neste processo. Assim poder-se-ia também perceber o porquê da diminuição dos consumos de energia elétrica nas linhas, após a instalação do novo sistema AVAC, mesmo quando a produção é superior. Poder-se-ia também prolongar o tempo de estudo de forma a minimizar o efeito da matéria-prima no processo de fabrico pelo facto de se tratar de um produto natural.

Seria também interessante verificar o efeito de obstrução dos filtros do sistema AVAC sobre o consumo de energia elétrica. Para isso poder-se-ia realizar um programa automático de verificação periódica do estado de colmatação dos filtros.

Outra sugestão seria otimizar os economizadores instalados na caldeira, pois atualmente não se está a efetuar um correto aproveitamento da água quente que retorna dos coletores.

6. Bibliografia

- [1] <http://www.cerealis.pt/sgps/quemsomos.php> (acedido em 12/03/2015)
- [2] <http://www.cerealis.pt/produtosalimentares/quemsomos.php> (acedido em 12/03/2015)
- [3] <http://www.cerealis.pt/moagens/quemsomos.php> (acedido em 12/03/2015)
- [4] <http://www.cerealis.pt/internacional/qsomos.php> (acedido em 12/03/2015)
- [5] <http://www.cerealis.pt/sgps/marcas.php> (acedido em 12/03/2015)
- [6] http://images.slideplayer.com.br/5/1622229/slides/slide_7.jpg (acedido em 12/03/2015)
- [7] Cerealis Produtos Alimentares, Memória Descritiva com uma Descrição Detalhada da Atividade - Documento interno. Acedido: março 2015
- [8] Subida, António. Tutorial de Instalações Elétricas em AVAC: Montagem e Conservação de Sistemas Elétricos em AVAC, (versão PDF descarregada em 12/03/2015)
- [9] Agência Nacional de Vigilância Sanitária. 2013. Guia da Qualidade para Sistemas de Tratamento de Ar e Monitoramento Ambiental na Indústria Farmacêutica. Brasília. (versão PDF descarregada em 19/05/2015)
- [10] Barbosa Pereira, Ana Rita. 2012. *Avaliação da qualidade do ar interior em edifícios do ISEP*. Tese de Mestrado em Engenharia Química, Ramo de Tecnologias de Proteção Ambiental. Instituto Superior de Engenharia do Porto
- [11] EDP. *Soluções de Eficiência PME: Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado*. (versão PDF descarregada em 07/10/2015)
- [12] ASHRAE - American Society of Heating. 2009. Refrigeration and Air-Conditioning Engineers. Atlanta
- [13] GET- Gestão de Energia Térmica Lda. Eficiência Energética dos Sistemas de AVAC em Edifícios. (versão PDF descarregada em 12/03/2015)
- [14] Ferraz Braga V., Álvaro Jorge. 2009. *Influência da Manutenção nos Consumos Energéticos de Sistemas AVAC*. Tese de Mestrado em Engenharia Mecânica. Faculdade de Engenharia do Porto
- [15] ALMEIDA, Maria Odete Magalhães. 2009. Equipamentos de Climatização.
- [16] http://www.aream.pt/index.php?option=com_content&view=article&id=69%3Asgcie-sistema-de-gestao-dos-consumos-intensivos-de-energia-&lang=pt (acedido em 28/10/2015)
- [17] Decreto-Lei nº 71/2008 de 15 de Abril (versão PDF descarregada em 28/10/2015)

ANEXOS

Anexo A – Determinação dos consumos mensais de energia elétrica e de gás natural da fábrica *Massas 1*

Anexo A.1 – Exemplo da determinação dos consumos mensais de energia elétrica para o mês de Julho de 2015

Na Figura A.1.1 pode-se observar parte de um documento *Excel*, respeitante ao mês de Julho de 2015, que é elaborado todos os meses pelos serviços técnicos da *Cerealis* com os consumos de energia elétrica do Centro de Produção da Maia. As siglas que se encontram na primeira coluna da Figura A.1.1 representam os códigos de cada centro de custo.

CEREALIS Prod. Aliment. Maia			
Factura nº	Consumo de energia eléctrica		
RN15Z827364	jul/15		
Totais por Centro Custo			
Fabrica 1	KW/h	Euros	
2DISM02	260964	27234	
2DISM01	176049	17383	
2DIMPE01	29452	2979	
2DIMPE02	28880	3131	
2DIMPE03	8875	898	
2DIMP01	421048	40996	
2DIBO02	35054	3545	
0CC01	21763	2201,02	
2DI00	115458	11676,97	
0DQLB02	2602	263,11	
Fabrica 2	KW/h	Euros	
2DIMM01	435532	43186	
2DIMME01	102719	9527	
2DIMME02	58735	2674	5079
2DLDT01	38364	3880	3880
Total Ccustos	1735495		

Figura A.1.1 – Parte do ficheiro *Excel* elaborado pelos serviços técnicos com os consumos de energia elétrica do mês de Julho de 2015

Os consumos que pertencem à fábrica *Massas 1* são os que se encontram circundados a vermelho na Figura A.1.1. Os circundados a verde e azul pertencem a zonas comuns e como tal, estes consumos foram divididos, tal como já explicado anteriormente, pelas três

maiores áreas de produção (fábricas de *Massas 1* e *2* e *Semolaria*), tendo em conta a proporção de produção entre elas.

Na Tabela A.1.1 pode-se observar os consumos de energia elétrica de cada centro de custo utilizado para o cálculo do consumo total de energia elétrica da fábrica *Massas 1*, assim como as áreas de produção pelas quais esses consumos foram divididos.

Tabela A.1.1 – Consumos de energia elétrica por centro de custo de áreas de produção respetivas

Centro de custo	Consumo de energia a que se refere	Área de produção
2DIMPE01	Empacotamento de massas e sala de compressores	Fábrica Massas 1
2DIMPE02		
2DIMPE03		
2DIMP01	Linhas de produção, sistema AVAC e diversos (equipamentos auxiliares)	Fábrica Massas 1
OCC01	Escritórios administrativos	Fábrica Massas 1 e Fábrica Massas 2
2DI00	Portaria e iluminação exterior	Fábrica Massas 1, Fábrica Massas 2 e Semolaria
0DQLB02	Laboratório	Fábrica Massas 1, Fábrica Massas 2 e Semolaria

Assim sendo, o cálculo do consumo de energia elétrica total da fábrica *Massas 1* traduz-se na seguinte equação, na qual o nome dos centros de custo se traduz no valor de consumo correspondente:

$$\text{Consumo total mensal de energia elétrica} = 2DIMPE02 + 2DIMPE03 + 2DIMP01 + \text{razão proporção}_1 \times OCC01 + \text{razão proporção}_2 \times (2DI00 + 0DQLB02) \quad (\text{eq 2})$$

Onde:

razão proporção 1 corresponde à razão de proporção da fábrica de *Massas 1* tendo em conta o total mensal de produção da fábrica *Massas 1* e da fábrica *Massas 2*

razão proporção 2 corresponde à razão de proporção da fábrica de *Massas 1* tendo em conta o total mensal de produção da fábrica *Massas 1*, da fábrica *Massas 2* e da *Semolaria*

Assim sendo, no ficheiro *Excel* criado para calcular os CEE mensais, aplicou-se a equação 2 no cálculo dos consumos mensais de energia elétrica de forma a que este seja calculado de uma forma automática, tal como se pode observar pela Figura A.1.2.

Coluna1	Coluna2	Coluna3
	Consumo Energia Massas 1	
Mês	Electricidade (kWh)	Gás Natural (m³ corrigidos)
Janeiro	419834	58069
Fevereiro	423622	83342
Março	483520	85947
Abril	473953	81868
Maio	400503	66061
Junho	631904	103104
Julho	=SOMA(Jul!T76:T79)+S13*SOMA(Jul!T82:T83)+U13*Jul!T81	
Agosto	554545	90479
Setembro	620343	105162
Outubro	—	—
Novembro	—	—
Dezembro	—	—
Total Anual	—	—
Maia-2015	Dez	Nov
	Out	Set
	Ago	Jul
		Jun

Figura A.1.2 – Exemplo de cálculo do consumo total de energia elétrica da fábrica *Massas 1* para o mês de Julho de 2015 através da folha de Excel criada

Os valores necessários para o cálculo do consumo de energia elétrica mensal encontram-se na folha correspondente ao mês em questão. Na folha de Excel de cada mês são colocados os documentos *Excel* criados pelos serviços técnicos para esse dado mês (Figura A.1.1).

Anexo A.2 – Exemplo da determinação dos consumos mensais de gás natural para o mês de Julho de 2015

No caso do cálculo do consumo mensal do gás natural é efetuado exatamente o mesmo procedimento do usado para a energia elétrica, ou seja, os serviços técnicos elaboram um ficheiro *Excel* com os consumos mensais que constam nos contadores espalhados pelo Centro de Produção da Maia. Depois, é feito o cálculo do consumo de gás natural para cada área de produção, efetuando-se igualmente uma divisão dos consumos comuns tendo em conta a proporção de produção de cada área.

Na Figura A.2.1 encontra-se parte do ficheiro *Excel* elaborado pelos serviços técnicos relativo ao consumo mensal de gás natural do mês de Julho de 2015.

Leituras dos contadores			-155,00
Descrição			Consumos Período m3
Geral Entrada	5889645	6009241	119596
Geral Fab 2	8902479	8963359	60880
Geral Fab1	8156776	8215647	58871
Cantina	26704	26866	162
Bolacha	146136	159314	13178
Caldeiras Fab 2	8386065	8446907	60842
Semolaria	40591	41357	766
Geral de entradaYbt(corrigido)	33776886	34006584	229698
Controlo de factura (Total m3 Factura -Geral de entradaYbt) =			-450
Consumo de Gás Distribuição por Sectores			
Nº de Factura	41820	Período de Facturação	
1		Período de Facturação	00/01/00
Factor conversão	1,920616074		
	m3 corrigidos	Valor € (Eur.)	
Consumo F1. Massas 2DIMP01	85976		Total Maia 1
Consumo F. Bolachas 2DIB002	25310		
Consumo Cantina 0CC01	311		
Consumo F2. Massas 2DIMM01	116854		Total Maia 2
Consumo Diversos F2 2DIMM01	73		
Semolaria	1471		
Total	229995,695		

Figura A.2.1 - Parte do ficheiro *Excel* elaborado pelos serviços técnicos com os consumos de gás natural do mês de Julho de 2015

O valor de consumo circundado a vermelho refere-se ao consumo de gás natural da fábrica Massas 1, e o circundado a verde refere-se ao consumo de gás natural da cantina. Este último é dividido, tendo por base a proporção das produções, entre as fábricas *Massa 1*, *Massa 2* e *Bolachas*. Assim sendo, o valor de consumo total mensal de gás natural para a fábrica *Massas 1* é determinado pela equação 3:

$$\text{Consumo total mensal de gás natural} = 2DIMP01 + \text{razão proporção} \times 0CC01 \quad (\text{eq. 3})$$

No ficheiro *Excel* criado para calcular os CEE mensais, aplicou-se a equação 3 no cálculo dos consumos mensais de gás natural de forma a que este seja calculado de uma forma automática, tal como se pode observar pela Figura A.2.2.

Coluna1	Coluna2	Coluna3
	Consumo Energia Massas 1	
Mês	Electricidade (kWh)	Gás Natural (m³ corrigidos)
Janeiro	419834	58069
Fevereiro	423622	83342
Março	483520	85947
Abril	473953	81868
Maio	400503	66061
Junho	631904	103104
Julho		=Jul!\$AE\$37+W13*Jul!\$AE\$39
Agosto	554545	90479
Setembro	620343	105162
Outubro	—	—
Novembro	—	—
Dezembro	—	—
Total Anual	—	—
Maia-2015	Dez	Nov
	Out	Set
	Ago	Jul
		Jun

Figura A.2.2 - Exemplo de cálculo do consumo total de gás natural da fábrica *Massas 1* para o mês de Julho de 2015 através da folha de Excel criada

Tal como no caso da energia elétrica, os valores necessários para o cálculo do consumo de gás natural mensal encontram-se na folha correspondente ao mês em questão. Na folha de *Excel* de cada mês são colocados os documentos *Excel* criados pelos serviços técnicos para esse dado mês (Figura A.2.1).

Anexo B – Medições de temperatura e de humidade relativa do ar antes e depois da instalação do novo sistema AVAC

Tabela B.1. – Valores de temperatura obtidos nas medições efetuadas antes da instalação do novo sistema AVAC

LEITURA	1	2	3	4	5	6	7
TEMPERATURA AMBIENTE (°C)	26,7	28,6	26,8	24,6	16,5	32,0	29,2
OBSERVAÇÕES	F e G	F e G	G	C e E	E	E	E
LOCAL DE LEITURA	TEMP (°C)	TEMP (°C)	TEMP (°C)	TEMP (°C)	TEMP (°C)	TEMP (°C)	TEMP (°C)
Linha A chão	31,2	33,5	33,4	30,6	28,8	30,6	38,8
Linha A mistura	37,4	37,6	38,1	36,8	34,3	36,2	38,0
Linha A pré-sacadores	38,8	40,8	42,9	38,3	38,3	38,4	40,6
Linha A secadores	38,7	40,1	41,2	38,0	37,3	39,3	40,9
Linha B chão	33,0	35,3	36,3	33,3	31,6	35,7	36,8
Linha B mistura	38,4	40,3	41,4	37,1	37,5	39,6	40,9
Linha C chão	34,1	36,7	37,1	32,3	32,3	36,6	37,5
Linha C estendedeira	35,9	38,6	39,3	35,0	35,2	38,4	39,1
Linha C mistura	38,4	40,5	41,7	34,5	37,1	39,4	39,6
Linha E chão	32,7	35,9	36,6	31,6	31,5	35,2	36,4
Linha E mistura	39,0	40,5	41,1	35,8	35,6	37,3	37,9
Linha E secadores	37,9	40,0	40,6	35,7	36,0	38,2	39,1
Linha F chão	35,4	36,0	37,2	31,5	32,5	37,0	37,2
Linha F mistura	35,4	37,5	38,2	33,5	34,5	36,8	37,3
Linha F secadores	36,6	38,9	39,9	35,8	35,6	38,4	38,8
Linha G chão	34,6	36,5	36,8	33,2	32,8	36,1	37,0
Linha G mistura	36,5	38,8	39,6	35,9	35,0	37,4	37,4
Linha G secadores	36,1	38,1	38,7	36,0	35,6	37,9	38,6
Corredor linhas C e E (1)	34,2	36,1	36,0	33,2	33,5	36,2	37,0
Corredor linhas C e E (2)	34,2	36,0	36,0	33,7	33,0	35,8	36,5
Fundo fábrica	34,2	35,8	36,7	34,3	33,8	36,6	37,6

Tabela B.2. – Valores de humidade relativa obtidos nas medições efetuadas antes da instalação do novo sistema AVAC

LEITURA	1	2	3	4	5	6	7
HUMIDADE RELATIVA AMBIENTE (%)	36,0	40,9	33,9	56,3	73,2	32,8	35,7
LINHAS PARADAS	F e G	F e G	G	C e E	E	E	E
LOCAL DE LEITURA	HR (%)	HR (%)	HR (%)	HR (%)	HR (%)	HR (%)	HR (%)
Linha A chão	61,2	55,5	50,1	51,7	70,6	62,2	59,0
Linha A mistura	60,2	56,5	49,7	51,0	63,4	57,1	54,0
Linha A pré-sacadores	45,7	40,9	36,3	43,3	50,2	47,0	44,4
Linha A secadores	43,8	36,6	34,9	40,1	44,2	40,5	37,5
Linha B chão	51,8	51,4	44,7	46,4	63,1	46,0	43,0
Linha B mistura	44,7	46,2	42,3	49,9	58,1	47,1	47,7
Linha C chão	49,2	40,8	44,3	47,8	58,3	41,3	41,0
Linha C estendedeira	48,6	48,8	48,2	45,2	58,3	45,8	41,3
Linha C mistura	48,5	44,4	42,9	45,8	53,0	44,3	40,7
Linha E chão	49,4	40,8	41,3	50,8	52,4	42,5	41,0
Linha E mistura	53,6	48,8	43,1	45,5	48,7	44,3	42,9
Linha E secadores	47,5	44,4	38,0	45,8	48,8	43,4	42,2
Linha F chão	43,3	44,5	37,0	51,2	46,9	36,7	36,9
Linha F mistura	52,5	49,0	36,5	46,5	45,8	39,0	38,9
Linha F secadores	50,5	46,6	36,2	45,3	48,7	41,5	40,1
Linha G chão	47,5	49,4	37,7	48,1	47,9	39,2	37,8
Linha G mistura	51,1	44,9	35,3	47,4	52,0	44,0	42,6
Linha G secadores	50,5	48,0	41,6	51,8	52,4	44,2	43,4
Corredor linhas C e E (1)	48,1	48,1	41,3	46,7	49,2	40,4	40,3
Corredor linhas C e E (2)	51,6	49,7	41,3	48,0	50,3	39,7	38,2
Fundo fábrica	50,5	45,7	36,4	48,8	49,8	38,8	38,8

Tabela B.3. – Valores de temperatura obtidos nas medições efetuadas depois da instalação do novo sistema AVAC

LEITURA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
TEMPERATURA AMBIENTE (°C)	32,4	33,6	29,0	27,0	26,7	24,7	29,7	26,9	27,6	18,6	23,2
LINHAS PARADAS	C, F e G	C, F e G	-	-	G	A, B, F e G	E	C	-	-	A e F
LOCAL DE LEITURA	TEMP (°C)	TEMP (°C)	TEMP (°C)	TEMP (°C)	TEMP (°C)	TEMP (°C)	TEMP (°C)	TEMP (°C)	TEMP (°C)	TEMP (°C)	TEMP (°C)
Linha A chão	29,0	26,7	26,7	27,2	29,1	24,8	26,9	28,1	26,1	24,8	23,5
Linha A mistura	33,2	31,1	33,1	30,7	33,0	27,2	32,2	32,1	31,6	29,0	27,4
Linha A pré-sacadores	34,0	32,5	34,5	34,3	35,0	29,2	34,1	32,7	32,9	30,6	30,2
Linha A secadores	33,6	32,0	34,9	34,6	35,0	30,4	33,4	33,0	32,3	30,6	28,1
Linha B chão	29,3	28,3	29,7	30,8	31,0	25,4	28,7	29,1	27,4	27,3	24,6
Linha B mistura	33,4	32,6	34,8	34,7	35,0	28,1	33,4	33,5	33,2	31,9	30,1
Linha C chão	28,8	27,8	29,7	31,0	31,2	25,1	28,1	29,2	27,9	27,4	25,0
Linha C estendedeira	29,5	28,6	31,1	33,5	32,9	27,6	30,4	31,7	30,1	29,7	27,0
Linha C mistura	33,8	32,3	35,1	35,2	35,7	30,7	34,7	33,0	34,0	32,2	30,4
Linha E chão	29,1	27,7	29,4	29,6	30,1	25,4	27,9	29,3	28,0	27,0	25,4
Linha E mistura	33,1	30,5	34,6	35,8	35,8	31,9	33,8	33,9	34,7	32,9	31,4
Linha E secadores	32,2	30,5	33,4	34,6	34,3	30,5	31,8	32,1	31,6	29,5	30,5
Linha F chão	31,0	29,5	31,3	30,9	32,3	28,6	29,5	31,7	30,3	29,3	28,9
Linha F mistura	30,9	29,4	32,0	32,0	32,7	28,6	30,3	31,7	30,5	29,9	28,9
Linha F secadores	30,5	29,0	34,4	34,1	33,8	27,8	32,0	33,4	32,5	31,9	29,4
Linha G chão	30,8	29,4	33,1	33,0	33,3	29,2	30,1	32,8	31,5	29,5	27,7
Linha G mistura	30,1	28,9	33,6	34,4	33,6	29,3	32,4	33,9	31,9	30,8	29,3
Linha G secadores	30,2	28,3	33,7	34,0	33,7	29,7	33,0	33,9	32,5	31,3	29,4
Corredor linhas C e E (1)	29,1	29,1	31,3	31,2	31,7	27,9	27,3	30,6	29,8	28,8	27,3
Corredor linhas C e E (2)	28,4	28,1	29,5	29,8	29,4	27,4	30,3	29,0	27,6	27,4	26,5
Fundo fábrica	28,9	28,8	31,5	31,3	31,6	27,2	30,6	29,8	29,6	28,1	26,3

Tabela B.4. – Valores de umidade relativa obtidos nas medições efetuadas depois da instalação do novo sistema AVAC

LEITURA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
HUMIDADE RELATIVA AMBIENTE (%)	29,7	30,0	38,2	36,6	32,0	44,8	37,5	58,9	44,9	84,0	40,5
LINHAS PARADAS	C, F e G	C, F e G	-	-	G	A, B, F e G	E	C	-	-	A e F
LOCAL DE LEITURA	HR (%)	HR (%)	HR (%)	HR (%)	HR (%)	HR (%)	HR (%)	HR (%)	HR (%)	HR (%)	HR (%)
Linha A chão	60,3	51,8	52,9	52,3	54,0	55,9	58,5	64,8	69,8	67,3	62,3
Linha A mistura	50,6	50,7	43,8	50,5	48,5	52,0	47,3	58,8	60,7	60,2	57,7
Linha A pré-sacadores	43,4	47,0	41,4	42,5	42,8	44,7	38,0	56,9	49,8	53,7	48,4
Linha A secadores	39,0	42,2	38,4	37,6	38,7	42,9	35,4	53,2	49,3	51,6	48,7
Linha B chão	61,8	52,8	45,6	42,8	46,4	54,0	54,1	64,5	64,6	62,4	59,4
Linha B mistura	57,1	52,5	40,2	42,5	41,3	48,0	45,5	56,0	54,7	51,5	46,9
Linha C chão	61,7	53,3	43,5	42,1	44,7	54,2	54,5	63,6	64,6	60,5	59,6
Linha C estendedeira	55,8	51,6	41,4	38,2	42,2	48,7	47,3	56,4	54,8	52,9	52,8
Linha C mistura	46,6	45,9	42,8	43,8	45,1	49,9	44,0	59,6	52,6	56,4	52,4
Linha E chão	62,7	57,2	44,4	44,3	47,1	55,1	51,4	66,4	63,5	59,8	56,8
Linha E mistura	59,0	54,6	45,0	43,2	48,0	51,0	50,2	67,3	56,5	52,5	54,4
Linha E secadores	50,0	47,8	38,5	36,5	41,4	43,7	38,0	62,7	44,6	52,5	47,7
Linha F chão	61,0	53,9	43,7	43,8	46,0	50,3	44,6	65,9	60,4	54,9	50,8
Linha F mistura	59,2	53,7	44,5	43,7	45,7	50,9	44,3	65,7	56,6	55,4	49,5
Linha F secadores	56,2	52,5	37,7	37,6	41,8	47,3	38,2	59,8	51,6	54,8	50,1
Linha G chão	61,8	55,4	44,4	42,8	45,5	49,8	44,1	66,2	59,7	55,0	49,1
Linha G mistura	55,6	54,9	44,0	38,6	42,0	46,6	42,2	61,9	55,1	55,8	54,7
Linha G secadores	52,7	58,8	44,0	44,1	42,2	45,1	41,6	60,8	53,3	57,6	54,5
Corredor linhas C e E (1)	51,0	50,0	41,5	39,0	46,4	47,0	47,1	63,3	57,3	60,2	55,5
Corredor linhas C e E (2)	53,3	53,3	43,5	38,7	46,3	47,9	41,8	66,5	60,8	60,5	54,8
Fundo fábrica	49,0	47,4	41,6	37,9	44,6	46,8	38,4	61,5	55,2	57,6	52,2

Anexo C – Resultados dos ensaios de cozedura e do teor de humidade

Tabela C.1. – Valores obtidos nos ensaios de cozedura realizados antes da instalação do novo sistema AVAC

Tipo de Massa	Semana de Produção	Tempo de cozedura esperado (min)	Tempo de cozedura obtido (min)	Tipo de Massa	Semana de Produção	Tempo de cozedura esperado (min)	Tempo de cozedura obtido (min)
Linguine	2	7 - 9	9	Margaridas	5	8 - 10	8
Letras	2	10 - 12	8	Cotovelos	6	6 - 8	8
Macarrão	2	7 - 9	9	Espirais	6	11 - 13	12 - 13
Macarronete	2	7 - 9	9	Esparguete	6	7 - 9	8
Pevide	2	10 - 12	8	Bagos Tricolores	6	10 - 12	11
Esparguete	2	7 - 9	8	Esparguete	6	8 - 10	8
Espirais Gigante	2	11 - 13	10	Espirais	6	9 - 11	12 - 13
Espirais Tricolores	2	8 - 10	11	Macarronete	6	7 - 9	11
Meada	2	7 - 9	9	Talharim	7	10 - 12	10
Esparguete Fino	2	5 - 7	6	Laços	7	11 - 13	11
Lírios	3	7 - 9	7	Macarrão GR	7	7 - 9	9
Conchas	3	12 - 14	13	Pevide	7	12	9
Bagos Tricolores	3	10 - 12	10	Espirais Tricolores	7	8 - 10	10
Esparguete	3	7 - 9	7	Pevide	7	10 - 12	9
Esparguete	3	8 - 10	8	Talharim	7	10 - 12	10
Aletria	3	3 - 5	3	Ninhos ovos	7	6	6
Conchas Tricolores	4	11 - 13	12	Conchas Tricolores	8	11 - 13	13
Hélices	4	8 - 10	11	Cotovelinhos	8	7 - 9	8
Laços	5	11 - 13	12	Cotovelinhos	8	7 - 9	9 - 10
Espirais	5	11 - 13	12	Esparguete	8	7 - 9	8
Cotovelinhos	5	7 - 9	8	Fettuccine	8	5 - 7	6
Letras	5	10 - 12	9	Letras	8	10 - 12	10
Cuscus	5	6 - 8	9	Margaridas	8	8 - 10	8 - 9
Bagos	5	11 - 12	8	Ninhos Ovos	8	9 - 11	9 - 10

Continuação da Tabela C.1.

Tipo de Massa	Semana de Produção	Tempo de cozedura esperado (min)	Tempo de cozedura obtido (min)	Tipo de Massa	Semana de Produção	Tempo de cozedura esperado (min)	Tempo de cozedura obtido (min)
Esparguete Quadri	9	7 - 9	8	Conchas Gigantes	13	13 - 15	15
Laços	9	11 - 13	11 - 12	Fettuccine	13	5 - 7	6
Letras	9	10 - 12	11	Linguini	13	6 - 8	8
Macarronete	9	7 - 9	9	Lírios MZ	13	7 - 9	8
Esparguete Integral	9	7 - 9	8	Ninhos Ovos	13	5 - 7	6
Conchas Tricolores	10	11 - 13	14	Conchas Tricolores	14	11 - 13	11
Fettuccine	10	8 - 10	7	Talharim	14	10 - 12	11
Fusilli Tricolores	10	11 - 13	13	Cotovelos GR	16	7 - 9	9
Meada	10	7 - 9	9	Hélices	16	8 - 10	8
Espirais Tricolores	10	8 - 10	10	Laços	16	11 - 13	10
Linguini com Pesto	10	7 - 9	9	Macarrão	16	7 - 9	9
Conchas Tricolores	11	11 - 13	13	Bucatini	17	5	8
Cotovelos	11	7 - 9	8	Conchas	17	12 - 14	12
Esparguete	11	7 - 9	7	Esparguete Quadri	17	7 - 9	5
Fusilli Tricolores	11	11 - 13	13	Macarrão Integral	17	10 - 12	8
Lirios	11	7 - 9	7 - 8	Margaridas	17	8 - 10	9
Meada	11	7 - 9	9	Linguine Nero	18	6 - 8	8
Bucatini	11	5	7	Esparguete Integral	19	8 - 10	9
Bagos	12	10 - 12	10	Esparguete ovo	19	7 - 9	8
Curvas Riscadas	12	7 - 9	8	Espirais	19	6 - 8	7 - 8
Mini Laços	12	7 - 9	7	Cotovelinhos	20	7 - 9	8 - 9
Bagos tricolor	12	10 - 12	8	Esparguete Picante	20	7 - 9	7
Esparguete Picante	12		8	Espirais	20	7 - 9	9
Espirais Tricolores	12	8 - 10	10	Espirais	20	9 - 11	9 - 10
Margaridas	12	8 - 10	8	Macarrão Integral	20	10 - 12	10
Mini Laços	12	7 - 9	14	Pevide	20	10	10 - 12

Tabela C.2. – Valores obtidos nos ensaios de cozedura realizados depois da instalação do novo sistema AVAC

Tipo de Massa	Semana de Produção	Tempo de cozedura esperado (min)	Tempo de cozedura obtido (min)	Tipo de Massa	Semana de Produção	Tempo de cozedura esperado (min)	Tempo de cozedura obtido (min)
Pontinha	21	10 - 12	8	Espirais Tricolores	27	8 - 10	10
Esparguete	21	7 - 9	8	Fettucine	27	5 - 7	7
Macarrão	21	10 - 12	10	Espirais + fibra	27	6 - 8	8
Macarrão GR	21	11 - 13	12	Espirais Gigantes	27	11 - 13	12
Esparguete ovo	22	10 - 12	8	Laços com Vegetais	27	10 - 12	12
Macarrão Riscado	22	7 - 9	10	Linguine Nero	27	6 - 8	8
Cuscus	22	12 - 14	12	Macarrão Integral	27	10 - 12	12
Espirais	22	5 - 7	6	Lírios	28	7 - 9	9
Espirais	22	11 - 13	13	Macarrão	28	7 - 9	9
Espirais tricolor	22	9 - 11	9	Esparguete	29	2	2
Margaridas	22	8 - 10	9	Espirais	29	7 - 9	9
Aletria	23	3 - 5	3	Conchas Tricolores	33	14	11- 13
Lírios	23	07 - 09	8	Esparguete Quadri	33	7 - 9	7
Esparguete	25	7 - 9	8	Espirais	33	7-9	9
Meada	25	8 - 10	8	Lírios	35	7 - 9	8
Espirais	25	8 - 10	10	Lírios	36	7-9	8
Farfalle	25	11 - 13	11	Espirais Gigantes	36	11-13	11
Fusilli Tricolor	25	11 - 13	11	Ondas	36	9-11	10
Talharim	25	10 - 12	10	Bagos com vegetais	36	10-12	10
Conchas Tricolor	26	11 - 13	11	Espirais Tricolores	36	8-10	10
Espirais Tricolor	26	12 - 14	14	Macarrão Integral	36	10-12	11
Esparguete ovo	27	7 - 9	8	Espirais sem glúten	37	10-12	12
Esparguete Quadri	27	7 - 9	7				