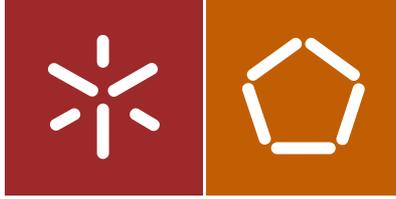




Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Júlio César Henriques da Costa

Projeto de um Laboratório na
Cerveja com História, Lda.



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Júlio César Henriques da Costa

Projeto de um Laboratório na
Cerveja com História, Lda.

Dissertação de Mestrado
Ciclo de Estudos Integrados Conducentes ao
Grau de Mestre em Engenharia Biológica
Tecnologia Química e Alimentar

Trabalho efetuado sob a orientação do
Professor Doutor José Maria Marques Oliveira
Universidade do Minho

João Emanuel da Silva Palmeira
Cerveja com História, Lda.

Declaração de Reprodução

Nome: Júlio César Henriques da Costa

Título da dissertação de mestrado: Projeto de um Laboratório na Cerveja com História, Lda.

Orientador(es): Professor José Maria Marques Oliveira (Universidade do Minho)
João Emanuel da Silva Palmeira (Cerveja com História, Lda.)

Data de conclusão: 2016

Mestrado e área de especialização: Mestrado Integrado em Engenharia Biológica – Ramo Tecnologia Química e Alimentar

Nos exemplares das teses de doutoramento ou de mestrado ou de outros trabalhos entregues para prestação de provas públicas nas universidades ou outros estabelecimentos de ensino, e dos quais é obrigatoriamente enviado um exemplar para depósito legal na Biblioteca Nacional e, pelo menos outro para a biblioteca da universidade respetiva, deve constar uma das seguintes declarações:

1. É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO INTEGRAL DESTA TESE/TRABALHO APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE;
2. É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO PARCIAL DESTA TESE/TRABALHO (indicar, caso tal seja necessário, nº máximo de páginas, ilustrações, gráficos, etc.), APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, , MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE;
3. DE ACORDO COM A LEGISLAÇÃO EM VIGOR, NÃO É PERMITIDA A REPRODUÇÃO DE QUALQUER PARTE DESTA TESE/TRABALHO

Universidade do Minho, 26/10/2016

Assinatura: _____

Agradecimentos

Em primeiro lugar gostaria de agradecer ao Professor José Maria Marques Oliveira, orientador desta dissertação, por toda a disponibilidade e apoio prestado durante a elaboração deste trabalho. Gostaria de agradecer também ao professor João Peixoto, Diretor de curso de Engenharia Biológica, por ter permitido e incentivado a exploração do tema da presente dissertação.

Ao João Palmeira, orientador na empresa, agradeço toda a confiança e acompanhamento prestado para a realização deste trabalho. Expresso aqui o mais profundo agradecimento por todas as experiências partilhadas e pelo conhecimento que fui adquirindo ao longo desta jornada.

À família do João Palmeira, pai e mãe, agradeço todo o carinho, hospitalidade e simpatia. A eles o meu muito obrigado.

À Doutora Célia Soares, agradeço todo o apoio e contributo prestado no planeamento de equipamentos e materiais laboratoriais referentes à microbiologia cervejeira.

Ao Professor Jorge Cunha, do Departamento de Produção e Sistemas, agradeço toda a compreensão, disponibilidade e apoio prestado na revisão do estudo da análise económica de investimentos.

O meu enorme agradecimento a todas as empresas, aqui não mencionadas, que prestaram apoios e serviços para auxiliar a realização deste trabalho.

À minha família, o meu enorme agradecimento pelo incentivo, compreensão e amor.

À Ana Sofia Silva, agradeço todo o carinho, força e motivação demonstrada e principalmente por toda a importância que tem para mim.

Ao João Pereira e a todos os restantes amigos mais próximos, agradeço todo o apoio, amizade e companheirismo.

A todas as pessoas que fui encontrando durante este percurso e que de uma forma direta ou indireta me proporcionaram um bom ambiente de trabalho e experiências positivas, aqui deixo o meu sincero agradecimento.

Resumo

A Cerveja com História, Lda. é uma empresa de cerveja artesanal que pretende expandir o seu negócio no mercado económico Português. Como se trata de uma empresa relativamente recente e sem estruturas laboratoriais, a presente dissertação teve como objetivo projetar um laboratório no interior das suas instalações. Tal visa permitir a reutilização de leveduras, isto é, a sua propagação à escala laboratorial e o seu armazenamento, bem como possibilitar que a empresa efetue testes microbiológicos e análises de controlo de qualidade às leveduras. Com este projeto laboratorial pretendeu-se minimizar os gastos referentes às tarefas anteriormente mencionadas, tornando-as como benefícios à sua implementação.

Desta forma, foi elaborado um plano de construção e de montagem do laboratório, que engloba a planta do espaço, materiais de construção e utilidades, sistema de aquecimento, ventilação e ar condicionado, mobiliário, equipamentos e materiais laboratoriais.

A viabilidade económico-financeira do projeto foi analisada recorrendo-se ao estudo de Fluxos Financeiros, de acordo com os custos de investimento iniciais, gastos de manutenção anuais e os benefícios gerados pelo laboratório. Seguidamente foram calculados os indicadores de viabilidade económica, nomeadamente o Valor Líquido Atual, a Taxa Interna de Rentabilidade, a Anuidade Equivalente e o Tempo de Recuperação.

A avaliação dos indicadores económicos permitiu concluir que para uma taxa mínima de atratividade de 10 %, o projeto torna-se viável com um Tempo de Recuperação de aproximadamente 8 anos. Por essa razão, trata-se de um investimento viável, mas com retorno financeiro a longo prazo.

Palavras-Chave

Laboratório, Cerveja Artesanal, Leveduras, Viabilidade Económica.

Abstract

Cerveja com História, Lda. is a craft beer company that is looking to expand its business in the Portuguese economic market. As this is a relatively new company and no laboratory facilities, the aim of this dissertation was to design a laboratory within its facilities. The objective of the laboratory is to allow the reuse of yeast, *i.e.*, their growth at a laboratory scale and their storage, while enabling a company to make microbiological testing and quality control analysis to the yeast. With this laboratory projection, it was intended to minimize the expenses that are related to the aforementioned tasks, turning them into benefits which then become favorable arguments on the project's implementation.

Thus, we designed a plan for the construction and assembly of a laboratory, which includes the overview plant, building materials and utilities, heating, ventilation and air conditioning, furniture, equipment and laboratory materials.

The viability of the project was analyzed using to the study of financial flows, according to the initial investment costs, annual maintenance costs and the benefits generated by the laboratory. Then, the economic viability indicators were calculated, including Net Present Value, Internal Rate of Return, the Annuity Equivalent and Recovery Time.

After the evaluation of the economic indicators, it was concluded that, to a minimum rate of 10 % attractiveness, the project becomes viable with a recovery time of about 8 years. For this reason, it is a viable investment, but with a long-term financial return.

Keywords

Laboratory, Craft Beer, Yeast, Economic Viability.

Índice

Agradecimentos	v
Resumo.....	vii
Abstract.....	ix
Índice de Tabelas	xv
Lista de Símbolos e Abreviaturas	xvii
1. ENQUADRAMENTO GERAL.....	1
1.1 Cerveja com História, Lda.	1
1.2 Objetivos e Motivações.....	1
1.3 Organização da Dissertação	2
2. INTRODUÇÃO	5
2.1 História da Cerveja	5
2.2 Cerveja Artesanal e Industrial	8
2.3 Processo de Produção de Cerveja	9
2.3.1 Matérias-Primas.....	10
2.3.2 Fabricação e Tratamento do Mosto.....	12
2.3.2.1 Preparação e Moagem do Cereal.....	12
2.3.2.2 Brassagem	12
2.3.2.3 Filtração do Mosto.....	13
2.3.2.4 Ebulição do Mosto.....	13
2.3.2.5 Arrefecimento	14
2.3.2.6 Trasfega, Arejamento e Adição de Levedura.....	14
2.3.3 Fermentação e Maturação	15
2.3.3.1 Fermentação Primária	15
2.3.3.2 Maturação	17
2.3.4 Operações de Acabamento	18
2.3.4.1 Enchimento	18
2.3.4.2 Rotulagem	18
2.4 Levedura.....	19
2.4.1 Taxonomia	19
2.4.2 Morfologia, Estrutura e Composição	20
2.4.3 Ciclo Celular.....	22
2.4.4 Metabolismo.....	23

2.4.5 Reutilização, Armazenamento e Propagação de Leveduras	23
2.5 Microbiologia Cervejeira	25
2.6 Análise de Investimentos	27
2.6.1 Fluxos Financeiros	27
2.6.2 Valor Atual Líquido	28
2.6.3 Taxa Interna de Rentabilidade	28
2.6.4 Anuidade Equivalente	29
2.6.5 Tempo de Recuperação	29
3. O LABORATÓRIO DA CERVEJA COM HISTÓRIA, LDA.	31
4. PROJETO DO LABORATÓRIO CERVEJEIRO	33
4.1 Planeamento e Construção	33
4.1.1 Planta do Laboratório	34
4.1.2 Materiais de Construção e Utilidades	35
4.1.3 Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado	36
4.2 Equipamentos e Utensílios Laboratoriais	37
4.2.1 Mobiliário	37
4.2.2 Equipamento e Material Laboratorial	39
5. ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÓMICA DO PROJETO	41
5.1 Custos	41
5.1.1 Construção	41
5.1.2 Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado	42
5.1.3 Equipamentos e Utensílios Laboratoriais	42
5.2 Custos Totais e Benefícios	44
5.3 Fluxos Financeiros e Balanço Total	44
5.4 Indicadores de Viabilidade Económica	46
6. CONCLUSÕES	49
Bibliografia	51

Índice de Figuras

Figura 1 – Placa de barro Suméria, 4 000 a.C. (adaptado de Bamforth, 2009).....	5
Figura 2 – Esquema com os estilos de cerveja, de acordo com o tipo de fermentação (adaptado de Bamforth, 2009).	9
Figura 3 – Esquema ilustrativo da produção de cerveja (adaptado de Palmer, 2006).	10
Figura 4 – Estrutura e forma da planta de lúpulo (A) (adaptado de Palmer, 2006; Teixeira, 2014); Formas de emprego de lúpulo: B-flores, C- <i>pellets</i> e D-extrato (adaptado de Teixeira, 2014).	11
Figura 5 – Perfis de concentração (c) de Biomassa, etanol, pH e extrato ao longo do tempo (t) de fermentação (adaptado de Teixeira, 2014).	15
Figura 6 – Perfis de concentração (c) dos açúcares metabolizados ao longo do tempo (t) da fermentação (adaptado de Teixeira, 2014).	16
Figura 7 – Fermentador cilindro-cónico, 1–camisas de arrefecimento; 2–zona de deposição das leveduras (adaptado de Teixeira, 2014).	17
Figura 8 – Levedura <i>Saccharomyces cerevisiae</i> em gemulação, fotografia obtida por microscópio eletrónico de varrimento (adaptado de Rodrigues, 2003).	19
Figura 9 – Classificação Taxonómica de <i>Saccharomyces cerevisiae</i> (adaptado de Esslinger, 2009).	20
Figura 10 – Microscopia eletrónica da estirpe <i>Saccharomyces</i> – a barra corresponde a 5 μm (adaptado de Priest & Stewart, 2006).	20
Figura 11 – Constituição de uma célula de levedura (adaptado de Briggs et al., 2004).....	21
Figura 12 – Ciclo Celular <i>Saccharomyces cerevisiae</i> (adaptado de Briggs et al., 2004).	22
Figura 13 – Propagação sucessiva de leveduras em laboratório (adaptado de White & Zainasheff, 2012).	25
Figura 14 – Planta do laboratório cervejeiro (A – zona de manipulação; B – zona de limpeza e esterilização do material laboratorial).....	34
Figura 15 – Planta do mobiliário do laboratório e respetivas dimensões (A – zona de manipulação; B – zona de limpeza e esterilização do material laboratorial).....	37
Figura 16 – Representação em 3D do mobiliário do laboratório cervejeiro (A – zona de manipulação; B – zona de limpeza e esterilização do material laboratorial).....	38
Figura 17 – Valor (V) dos Fluxos Financeiros ao longo dos 10 anos de investimento.	45
Figura 18 – Valor (V) dos Balanços Totais ao longo dos 10 anos de investimento.	46

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Composição química da célula de levedura em peso seco (Ps)	22
Tabela 2 – Testes Microbiológicos e de Controlo de Qualidade de Leveduras (Adaptado de Briggs et al., 2004; Pellettieri, 2015; Priest & Stewart, 2006)	32
Tabela 3 – Estruturas a remodelar e materiais de construção	35
Tabela 4 – Lista de Equipamentos laboratoriais	39
Tabela 5 – Lista de material laboratorial	40
Tabela 6 – Custos de Construção.....	41
Tabela 7 – Custos dos equipamentos laboratoriais	42
Tabela 8 – Custo dos materiais laboratoriais.....	43
Tabela 9 – Custos totais de investimento iniciais (C_i) e custos de manutenção anuais (C_a)..	44
Tabela 10 – VAL e AE para taxas de atualização de 10 % e 17 %	46
Tabela 11 – Taxa Interna de Rentabilidade (TIR) e Tempo de recuperação (TR).....	47

Lista de Símbolos e Abreviaturas

Variáveis e Constantes

AE – Anuidade Equivalente

C – Concentração mássica

C_a – Custo de manutenção anual

C_i – Custo de investimento inicial

P_s – Peso seco

TIR – Taxa Interna de Rentabilidade

TR – Tempo de Recuperação

V – Valor dos Fluxos Financeiros; Valor dos Balanços Totais

VAL – Valor Atual Líquido

Siglas

HLP – *Hsu's Lactobacillus Pediococcus*

HEPA – *High Efficiency Particle Arrestance*

IPA – *Indian Pale Ale*

IVA – Imposto sobre o Valor Acrescentado

IRC – Imposto sobre o Rendimento Coletivo

LMDA – *Lee's Multiple Differential Medium*

UBA – *Universal Beer Medium*

WLN – *Wallerstein Laboratories Nutrient*

APCV – Associação Portuguesa de Produtores de Cerveja

Expressões do Latim

et al. – *et alii* (e outros)

i.e. – *id est* (isto é)

1. ENQUADRAMENTO GERAL

1.1 Cerveja com História, Lda.

Fundada em finais de 2013 por João Palmeira e mais 3 investidores, a empresa Cerveja com História, Lda. encontra-se sediada nas antigas instalações de uma escola primária na freguesia de Águas Santas, Póvoa de Lanhoso. O principal promotor deste projeto, João Palmeira, começou o seu percurso como mestre cervejeiro em novembro de 2012, sendo o fabrico de cerveja artesanal apenas um *hobby*, em contexto doméstico. Dado o sucesso obtido, a experiência levada a cabo por este jovem empreendedor rapidamente alargou horizontes, conquistando o seu círculo mais próximo. Nesse contexto, identificou o seu produto com a marca Amphora, definindo o que viria a constituir uma marca mista que, entretanto, registou. O vocábulo Amphora advém da história da própria cerveja, bem como da história da cidade de Braga, Bracara Augusta no Império Romano, de onde o promotor é natural. As designações das variedades de cerveja Amphora, seguem o mesmo imaginário. O fabrico de cerveja artesanal em maior escala teve início no final de fevereiro de 2014.

Atualmente são produzidas 4 variedades base, a Bracara (*Cream Ale*), a Avgvsta (*Sweet Stout*), a Rvber (*Strong Scotch Ale*) e a Imperator (*Quadrupel*). Além destas, é produzida uma variedade na primavera, Maria da Fonte (*American Pale Ale*), duas no verão, Gladiator (*English IPA*) e a Lvsitânia (*Saison*), uma no outono, Elysivm (*Honey Ale*) e uma no inverno, Centvrium (*Imperial Stout*). A última variedade produzida foi a Arena (*Vienna Lager*), em fevereiro de 2016. Relativamente às reservas e edições especiais, é produzida a Nemesis e a Pompeia (*Burned IPA*), respetivamente. Além da Amphora, a empresa produz cerveja artesanal em parceria com outras marcas.

Por fim, a Cerveja com História, Lda. tem como objetivo a criação de uma marca de prestígio dentro do panorama *gourmet* e artesanal, tendo como referências o gosto europeu, as tradições gastronómicas do nosso país e a satisfação dos seus clientes, fornecedores e trabalhadores. Com uma capacidade produtiva mensal de 5 000 L, o processo de fabrico mantém todas as propriedades do processo caseiro a fim de garantir a total qualidade do produto.

1.2 Objetivos e Motivações

Em Portugal, o mercado da cerveja artesanal tem crescido de forma notória, representando 0.03 % do consumo total de cerveja. Num país onde imperam cervejas industriais, as cervejas artesanais

começaram a tomar destaque desde 2011, sendo um conceito relativamente novo no panorama português. Uma vez que a empresa Cerveja com História, Lda. não possui laboratório, a cada novo ciclo de produção vê-se obrigada a utilizar sempre nova levedura, descartando-a no final. Tal implica um elevado gasto por cada lote de cerveja produzido. Além disso, periodicamente para assegurar a qualidade e segurança do seu produto, a empresa recorre a laboratórios externos e empresas especializadas para realizar análises e testes microbiológicos. Tal procedimento mostra-se bastante dispendioso.

A fim de se diminuir todos esses custos e de se ultrapassar todas essas limitações, o projeto curricular, tinha como intuito a analisar a viabilidade económica referente à construção e montagem de um laboratório na própria empresa, equipado com toda a instrumentação laboratorial necessária. Para esse efeito, foram estudados os benefícios gerados, os custos de investimento, os custos manutenção e os fluxos financeiros.

O estágio curricular que conduziu ao presente trabalho de Dissertação, visava projetar um laboratório para se poder efetuar não só a preservação e propagação das leveduras, como também testes microbiológicos no controlo de qualidade do produto. Assim sendo, tinha como objetivos realizar:

- ✓ Tarefas de apoio à produção, nomeadamente no enchimento, rotulagem, embalagem, controlo de limpeza das cubas de fermentação, fabrico, moinho e enchedora;
- ✓ Projeto de montagem e construção do laboratório: materiais de construção, sistema aquecimento, ventilação e ar condicionado, utilidades e mobiliário necessário;
- ✓ Planeamento da instrumentação laboratorial necessária para se efetuar a renovação de culturas-mãe, propagação, armazenamento e manutenção de culturas puras de estirpes de levedura, testes microbiológicos e controlo de qualidade de leveduras;
- ✓ Análise do plano de investimento proposto.

1.3 Organização da Dissertação

A dissertação encontra-se estruturada em seis partes. O enquadramento geral constitui a primeira, na qual é apresentada e descrita a empresa, os objetivos e motivações do presente trabalho. A segunda parte é constituída por uma introdução teórica, onde sucintamente se descreve a história da cerveja desde os seus primórdios até aos dias de hoje. As etapas do processo produtivo de cerveja são também resumidamente explicadas, desde a receção das matérias-primas até às operações de acabamento do produto. De igual modo, é feita uma revisão das principais

propriedades das leveduras envolvidas do processo. Seguidamente faz-se uma breve referência à microbiologia da cerveja, onde se descrevem os principais contaminantes da mesma. No que respeita à propagação e reutilização de leveduras, são apresentados os conceitos e ideias referentes a essas práticas. São ainda esclarecidos os fundamentos teóricos que sustentam o estudo da viabilidade económica de um dado projeto.

Numa terceira parte, são relatadas as principais funções do laboratório a projetar, assim como, são identificadas possíveis estratégias a seguir. Posteriormente, é listado um conjunto de testes microbiológicos e múltiplos métodos de controlo de qualidade das leveduras. A estruturação do laboratório cervejeiro constitui a quarta parte. Engloba o planeamento e construção do mesmo, sendo aí apresentada a planta do projeto. Os materiais de construção, o sistema de aquecimento, ventilação e ar condicionado, entre outras utilidades, são aí discriminados. São ainda listados os equipamentos, materiais e utensílios laboratoriais necessários para o cumprimento das funções do laboratório.

A quinta parte corresponde à análise da viabilidade económica do projeto, onde são mostrados todos os custos referentes à implementação do laboratório. É estudada a relação custo-benefício do projeto e apresenta-se os indicadores de viabilidade económica calculados, seguindo-se a sua discussão. Por fim, as conclusões da dissertação constituem a última parte.

2. INTRODUÇÃO

2.1 História da Cerveja

Embora seja difícil precisar o período histórico, estima-se que o aparecimento acidental da primeira cerveja foi há 8 000 anos, na Suméria (Bamforth, 2009). Os primeiros registos referentes à produção desta bebida provêm também da Suméria, 4000 a.C. (Hornsey, 2013). A Figura 1 mostra uma placa de barro datada desse período, onde é possível distinguir a presença de potes de cerveja.



Figura 1 – Placa de barro Suméria mostrando potes de cerveja, 4 000 a.C. (adaptado de Bamforth, 2009).

O aparecimento das primeiras bebidas fermentadas, precursoras da cerveja, remonta para o período neolítico (Meusdoerffer, 2009) a par com o desenvolvimento da agricultura no Crescente Fértil, região que englobava o Egito e a Mesopotâmia. Após a descoberta do pão, pensa-se que pouco tempo depois surgiu a descoberta da cerveja. Povos antigos, como os Sumérios, perceberam que a massa do pão quando molhada fermentava de uma maneira diferente, ficando bem melhor. Considerada uma bebida divina, o “pão líquido” deu origem a uma espécie de cerveja primitiva, considerada pelos próprios Sumérios uma bebida oferecida pelos deuses (Hornsey, 2013). O desenvolvimento da cerveja tal como a conhecemos hoje, deve-se ao contributo dos povos da Suméria, Babilónia e Egito (Meusdoerffer, 2009). Embora tenha aparecido após a queda do império Sumério, o povo da Babilónia era culturalmente e tecnologicamente mais avançado no que respeita ao fabrico de cerveja, fazendo parte da sua cultura.

Os Egípcios também produziam cerveja, estando presente na sua alimentação diária. Para além do prazer e do bem alimentar, a cerveja, nesse contexto, era também usada como remédio para certas maleitas. Na própria cultura e religião, a cerveja também tinha um papel importante. Nos

túmulos, além dos artefactos habituais, era comum encontrar cerveja (Bamforth, 2009). Recentemente, foram encontrados em túmulos de faraós diversos recipientes que continham malte de cerveja, datados de 1550 a.C. (Paquete, 2013). Os povos Egípcios transmitiram os seus conhecimentos e técnicas de fabrico aos Gregos e esses, por sua vez, passaram essa arte aos Romanos (Bamforth, 2009).

Tanto os Gregos como os Romanos privilegiavam mais o vinho do que a cerveja. Nessa altura, o vinho era visto como uma bebida dos Deuses, tutelada por Baco (Kiefer, 2001). A cerveja passou a ser uma bebida das classes mais pobres e menos favorecidas. Ainda que muito apreciada em territórios de domínio Romano, tal como a Gália, muitos romanos consideravam a cerveja como uma bebida desprezível e típica de povos bárbaros (Meussdoerffer, 2009). Ainda assim, a cerveja permaneceu como bebida de eleição nas regiões nórdicas da Europa e noutras regiões fora do Império Romano. O vinho tornou-se a bebida consagrada na liturgia católica, impondo-se nas regiões do Sul da Europa e nas mesas mais abastadas da região Norte.

A cerveja permanecia a bebida dos pobres, ainda que apreciada por todas as classes sociais (Wilson & Gourvish, 1993). Posteriormente, as tribos germânicas espalharam ao longo da Europa a sua cultura cervejeira, algo que só foi possível após a queda do Império Romano (Meussdoerffer, 2009).

Na Idade Média, ocorreu um desenvolvimento notável das técnicas de fabricação de cerveja, sendo produzida, melhorada e vendida em mosteiros (Meussdoerffer, 2009).

Tecnicamente, os monges, na produção da cerveja, privilegiavam o uso de lúpulo, uma vez que o seu amargor natural contribuía para uma maior frescura, sabor e aroma. Além disso, a sua utilização permitia que a cerveja se conservasse por mais tempo. O doseamento das quantidades de malte e lúpulo, permitia fazer com que os monges produzissem cervejas para consumo diário com pouco álcool e outras, bem mais encorpadas para situações festivas (Priest & Stewart, 2006).

Em 1516 ocorreu um acontecimento bastante relevante para a produção de cerveja na Alemanha. A utilização de ingredientes muito estranhos para aromatizar a cerveja, tal como folhas de pinheiro e cerejas silvestres, fez com que o Duque *Wilhelm IV* da Baviera proibisse o uso de qualquer ingrediente, no fabrico de cerveja, que não fosse água, cevada e lúpulo. Assim sendo, foi instaurada a lei Alemã da Pureza (*Reinheitsgebot*), para ditar os únicos ingredientes a serem usados no fabrico de cerveja. É, portanto, o mais antigo código alimentício do mundo (Priest & Stewart, 2006).

Na era moderna, registou-se o aparecimento de muitos tipos de cerveja, sendo cada variedade definida com base na qualidade dos ingredientes usados na produção da cerveja. Em 1765, *James Watt* inventou a máquina a vapor, o que possibilitou a industrialização e a racionalização da produção cervejeira (Hornsey, 2013). Em 1830, *Gabriel Sedlmayr* juntamente com *Anton Dreher*, elaborou um método de produção que originou as primeiras cervejas *lager* (Meussdoerffer, 2009). Em 1879, o aparecimento da refrigeração artificial (teoria da geração de frio artificial) levada a cabo por *Carl Linde*, permitiu que a cerveja fosse um dos principais produtos da época a beneficiar de tal revolução. O desenvolvimento de caminhos-de-ferro, tanto nos Estados Unidos da América como na Alemanha, por sua vez, permitira uma maior expansão do comércio cervejeiro.

Em 1876, *Louis Pasteur* foi o principal responsável por um avanço tecnológico surpreendente, tanto para a indústria cervejeira como para o Homem, apresentando estudos relacionados com a fermentação e microrganismos (Hornsey, 2013). Tal conhecimento marcaria o início da preservação dos alimentos devido ao método da pasteurização. A cerveja, em especial, poderia ser mais eficientemente preservada. *Louis Pasteur* convenceu os produtores de cerveja a utilizarem culturas puras e especificamente selecionadas para a fermentação do mosto, a fim de se manter um nível de qualidade padrão (Priest & Stewart, 2006). *Pasteur* descobriu também que microrganismos presentes na água, no ar e/ou nos aparelhos usados para o fabrico de cerveja, deterioravam o mosto, sendo por isso indesejáveis (Meussdoerffer, 2009). Este princípio de higiene e limpeza tornara-se um dos principais mandamentos da indústria cervejeira. Os séculos XVIII e XIX foram, portanto, de grande evolução relativamente à indústria cervejeira, graças ao desenvolvimento tecnológico e científico da época.

Em Portugal, ao longo da época moderna, duas empresas começam a ganhar destaque, nomeadamente a Centralcer/Sociedade Central de Cervejas (SCC) e a Unicer.

Relativamente à SCC, tudo começou em 1836 em Lisboa, na Fábrica da Cerveja Trindade. Por associação com outras companhias e produtoras, em 1934 nascia a Sociedade Central de Cerveja. Em 1940 surgiu a marca Sagres e em 1941 a Imperial. Durante o século 20, registou-se atividade económica negativa devido à crise nas colónias. Ainda assim, foi criada em 1972 a cerveja Cergal, numa altura mais próspera para o comércio cervejeiro. Com a revolução dos cravos, muitas empresas foram nacionalizadas e a SCC não foi exceção.

A Unicer, por sua vez, teve origem em 1890 no Porto. Em 1926 começou a ganhar reconhecimento pela sua qualidade. A cerveja Cristal começa a ganhar destaque, tendo sido a

primeira cerveja a ser produzida por esta empresa. No século XX, são lançadas mais duas marcas, a Super Bock e a Zirta, logo seguidas pelo aparecimento de uma outra marca designada por Nevália. Em 1941 surge também a cerveja Vitória.

Atualmente o mercado nacional cervejeiro é dominado por estes dois grandes grupos fabricantes, a Unicer e a SCC.

2.2 Cerveja Artesanal e Industrial

De região para região, a cerveja artesanal vai-se distinguindo da cerveja industrial por múltiplas razões. Seguindo receitas tradicionais, a cerveja dita artesanal é produzida através de métodos genuínos, utilizando unicamente água, malte, lúpulo e levedura (Priest & Stewart, 2006). Não são adicionados corantes nem conservantes.

Durante o seu processo produtivo, o mestre cervejeiro procede ao controlo manual de todas as etapas de fabrico, desde a receção da matéria-prima até às operações de acabamento. A mão-de-obra proporciona desta forma uma grande proximidade entre produtor e o produto (Brewers Association, 2016). É o cervejeiro que seleciona rigorosamente todos os ingredientes e os adiciona no processo. É o próprio quem controla a levedura e todo o processo fermentativo. A cerveja artesanal é assim um produto tradicional, com uma carbonatação natural produzida pela levedura. A fim de se garantir a completa naturalidade do produto, não são utilizados processos de pasteurização ou filtração (Priest & Stewart, 2006). A pasteurização faz com que a cerveja perca o seu gosto original e as suas características sensoriais, porém promove um maior tempo de prateleira (Matos, 2011). A falta de filtração faz com que as leveduras permaneçam em suspensão, tornando a bebida rica em vitaminas e proteínas.

A ligação de empresas artesanais à comunidade dá muitas vezes origem ao aparecimento de cervejas únicas, que se distinguem pela utilização de ingredientes locais como o mel, a castanha, a alfarroba ou a noz. Por sua vez, a cerveja industrial distingue-se da artesanal não só por causa das quantidades produzidas anualmente, como também devido ao número de etapas processuais que normalmente contempla. Em termos industriais, toda a sua fase de produção é efetuada a partir de máquinas especializadas (Priest & Stewart, 2006). A cerveja industrial acaba por ser mais económica em relação à artesanal, sendo também produzida mais rapidamente (Kleban & Nickerson, 2011). A cerveja artesanal torna-se mais cara (Giovenzana, Beghi, & Guidetti, 2014), devido à mão-de-obra e utilização matérias-primas de alta qualidade, que oferecem à cerveja corpo, aromas e sabores únicos. As empresas artesanais são normalmente independentes,

tradicionais e locais, com baixa produção anual em relação às empresas de cerveja industrial (Kleban & Nickerson, 2011). Em Portugal, o conceito de cerveja artesanal é uma realidade muito recente, encontrando-se o seu mercado em expansão.

2.3 Processo de Produção de Cerveja

A cerveja é uma bebida obtida por fermentação alcoólica, mediante a utilização de leveduras selecionadas do género *Saccharomyces*, de um mosto preparado a partir de malte de cereais, principalmente cevada, entre outras matérias-primas amiláceas ou açucaradas, ao qual foram adicionadas flores de lúpulo e água potável (Teixeira & Cruz, 2014).

O aparecimento de diversos tipos de cerveja, ao longo dos tempos, deveu-se essencialmente à utilização de diferentes variedades de lúpulo, de malte, de estirpes de levedura e devido também à composição da água, que ia diferindo de zona para zona (Meussdoerffer, 2009). Além do elevado número de combinações possíveis de se usar, a quantidade e a qualidade dessas matérias-primas foram determinantes no aparecimento de novos sabores e aromas (Priest & Stewart, 2006). As tecnologias envolventes, os métodos tradicionais de fabrico, a cultura e história das regiões possibilitaram o aparecimento de diversos estilos de cervejas.

Distinguem-se dessa forma dois grupos principais, as cervejas de alta fermentação ou *ale* e as de baixa fermentação ou *lager* (Teixeira & Cruz, 2014), conforme é visível no esquema da Figura 2.



Figura 2 – Estilos de cerveja, de acordo com o tipo de fermentação (adaptado de Bamforth, 2009).

Desde a receção das matérias-primas até à forma como a conhecemos, a cerveja passa por um vasto conjunto de processos, tal como está exemplificado no esquema da Figura 3.

A Produção de cerveja divide-se em várias fases: receção e armazenamento de matérias-primas, fabricação e tratamento do mosto, fermentação e maturação e por fim, operações de acabamento (Priest & Stewart, 2006). É de salientar que o conjunto de etapas aqui mostradas constitui um processo genérico de produção de cerveja artesanal. O processo de fabrico e de acabamento do produto variam de empresa para empresa, contendo particularidades e inovações introduzidas pelas próprias (Palmer, 2006).

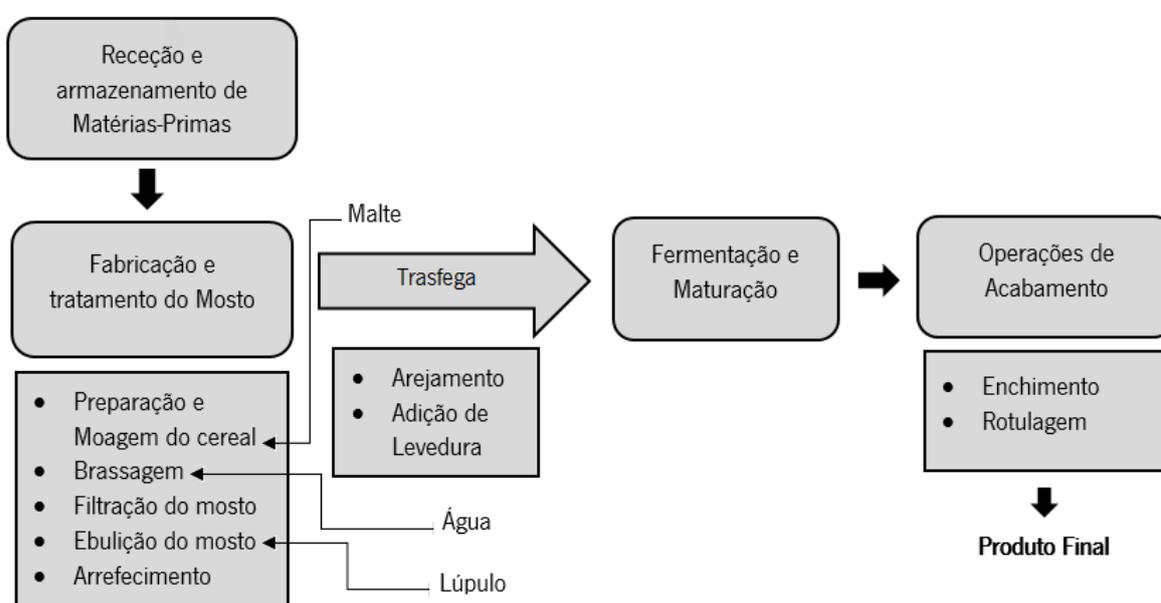


Figura 3 – Esquema ilustrativo do processo de produção de cerveja (adaptado de Palmer, 2006).

2.3.1 Matérias-Primas

- **Água**: principal ingrediente da cerveja. A sua composição tem uma influência notável sobre a qualidade do produto final (Priest & Stewart, 2006). Tem que ser potável e sem agentes patogénicos (Wunderlich & Back, 2009). A sua composição em sais minerais tem de ser apropriada relativamente ao estilo de cerveja que se pretende produzir (Priest & Stewart, 2006). Por essa razão, de acordo com a proporção requerida para o tipo de cerveja desejada, a água tende a ser tratada antes do processo de fabrico com os seguintes sais: bicarbonato de sódio, sulfato de cálcio (*gypsum*), cloreto de cálcio e carbonato de cálcio (Priest & Stewart, 2006). Atualmente poder-se-á recorrer a tecnologias e etapas operatórias para acertar a composição mineral e qualidade da água (Hough, 1990).

- Malte: Matéria-prima obtida a partir da cevada (Teixeira & Cruz, 2014). Tal cereal tem a capacidade de fornecer o amido necessário para a fabricação de cerveja (Kendall, 1995). Os grãos de cevada, após serem colhidos, não possuem enzimas suficientes para a degradação do amido, isto por causa da própria dureza dos grãos. Será necessário que esses sofram modificações físicas, químicas e biológicas. Como resultado de todas essas transformações (processo designado de maltagem), obtém-se o malte (Lewis & Young, 1995). Na produção de cerveja artesanal, normalmente não se realiza a etapa da maltagem, pois o cereal que se compra já vem maltado. A sua composição e constituição permite enriquecer as características físico-químicas e organolépticas da cerveja. O amido é primeiramente extraído do cereal, e de seguida, é convertido em açúcares simples para serem assimilados pela levedura. Poderão ser usados diferentes cereais em conjunto ou isoladamente. Existem vários tipos de malte que podem ser utilizados tendo em conta o estilo da cerveja a produzir (Bamforth, 2009).
- Cereais não-maltados: quando o amido obtido a partir do malte é insuficiente, os cereais não-maltados são utilizados para combater esse déficit, restabelecendo a quantidade de amido (Lewis & Young, 1995). Além desta razão, proporcionam diferentes sabores e aromas à cerveja. Aumentam a concentração de proteínas no mosto (Bamforth, 2009). O milho, o arroz e o trigo são exemplos desse tipo de cereais (Teixeira & Cruz, 2014).
- Lúpulo: Planta dioica, perene, da espécie *Humulus lupulus* pertencente à família Cannabaceae (Priest & Stewart, 2006). A sua típica forma encontra-se mostrada na Figura 4. É característica de regiões temperadas da América do Norte, Europa e Ásia (Briggs *et al.*, 2004). Os grânulos de lupulina, presentes nas flores fêmeas desta planta aromática, possuem uma quantidade elevada de óleos essenciais e resinas (Meussdoerffer, 2009). Tendo em conta o tipo de cerveja que se pretende produzir, poderão ser utilizadas muitas variedades de lúpulo. Na Figura 4 são mostradas as formas de emprego do lúpulo no processo.

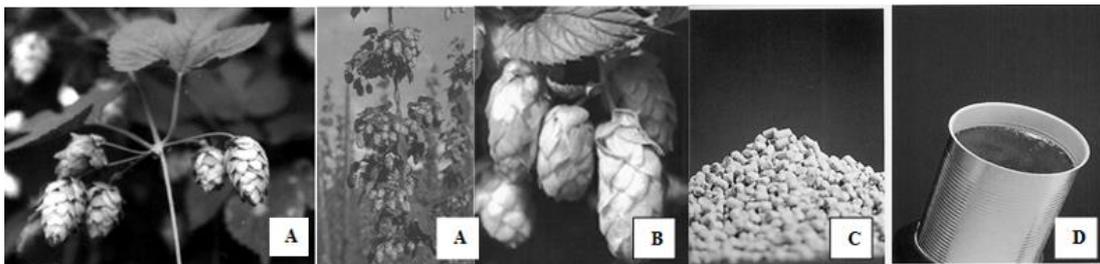


Figura 4 – Estrutura e forma da planta de lúpulo (A) (adaptado de Palmer, 2006; Teixeira, 2014); Formas de emprego de lúpulo: B-flores, C-pellets e D-extrato (adaptado de Teixeira, 2014).

Os óleos essenciais e as resinas são substâncias relevantes para o processo cervejeiro, pois conferem à cerveja um sabor amargo, frescura e uma boa formação de espuma (Priest & Stewart, 2006). Tanto nas resinas como nos óleos essenciais, encontram-se ácidos- α ou humolonas, principais fontes do amargor, e ácidos- β ou lupulonas (Teixeira & Cruz, 2014). Os ácidos- α são convertidos por um processo de isomerização em iso- α -ácidos. Esses são responsáveis pelo amargor da cerveja (Lewis & Young, 1995). Além dessa função, o lúpulo faz com que a cerveja ganhe uma maior resistência contra microrganismos indesejáveis, tendo desse modo poder antisséptico (Palmer, 2006).

2.3.2 Fabricação e Tratamento do Mosto

2.3.2.1 Preparação e Moagem do Cereal

Para a produção de cada lote de cerveja são selecionados e pesados vários tipos de malte e/ou cereais não maltados, tendo em conta a receita referente ao tipo de cerveja a produzir. Após a pesagem, o malte é moído mecanicamente com o intuito de se possibilitar, posteriormente, a extração e conversão do amido (Briggs *et al.*, 2004). A exposição do endosperma do grão, na água, aumenta a eficiência da etapa seguinte (Bamforth, 2009). A moagem é um processo realizado a seco e o produto obtido da mesma designa-se de *gritz* (Teixeira & Cruz, 2014).

2.3.2.2 Brassagem

A brassagem é um processo enzimático em que, o malte moído da etapa anterior, é misturado com água quente, de modo a obter-se açúcares fermentescíveis por degradação do amido (Meusdoerffer, 2009). A água utilizada nesta etapa é previamente tratada com bicarbonato de sódio, sulfato de cálcio, cloreto de cálcio e carbonato de cálcio, de acordo com o tipo de cerveja a produzir. Apenas é adicionado um dado volume de água, sendo o seu acerto final efetuado nas etapas seguintes. A temperatura e o tempo da brassagem são variáveis cujo controlo é fundamental (Priest & Stewart, 2006).

A hidrólise do amido é levada a cabo por enzimas presentes no malte, que são ativadas pela temperatura da panela de brassagem, geralmente a cerca de 85 °C, com uma duração de processo de 1 h a 2 h. Tais enzimas degradam, portanto, os hidratos de carbono, substâncias fenólicas e proteínas presentes na mistura, permitindo a obtenção de açúcares e compostos azotados que servirão como nutrientes para as leveduras durante a fermentação (Teixeira & Cruz, 2014). Para temperaturas mais elevadas do processo, produzem-se mostos mais ricos em

dextrinas e conseqüentemente cervejas mais maltadas, mais aromáticas e com menos álcool. Para temperaturas mais baixas, obtêm-se mostos mais fermentáveis (Bamforth, 2009).

A mistura açucarada, obtida no final deste processo designa-se por mosto. A sua concentração em açúcares é geralmente definida pelo seu extrato ou gravidade em graus de Plato ($^{\circ}P$). O extrato é uma medida do conteúdo total de açúcares fermentescíveis e de hidratos de carbono solúveis não-fermentescíveis no mosto (Teixeira & Cruz, 2014).

2.3.2.3 Filtração do Mosto

Processo geralmente lento, em que toda a mistura da etapa anterior é bombeada para uma cuba-filtro, onde se separa a fração insolúvel (*drêche*) da fração solúvel, designada por mosto doce (Teixeira & Cruz, 2014). Para tal, promove-se a recirculação e lavagem do meio filtrante, sendo adicionada água à mistura.

As cascas do grão funcionam como meio filtrante natural para separação do mosto (Briggs *et al.*, 2004). São compostas por péptidos e aminoácidos, necessários para a nutrição das leveduras durante a fermentação (Meusdoerffer, 2009). A fase líquida separada é constituída também por açúcares fermentescíveis e açúcares não fermentescíveis. Os primeiros proporcionam a formação de etanol e os segundos fornecem aroma à cerveja, respetivamente (Teixeira & Cruz, 2014).

O mosto contém ainda proteínas necessárias para a produção de uma boa espuma (Palmer, 2006). Os materiais insolúveis, como cascas e resíduos de cereais da brassagem, são subprodutos aproveitados principalmente para a alimentação de gado bovino.

2.3.2.4 Ebulição do Mosto

Após ser transferido para a panela de fervura, o mosto é mantido em média durante 90 min a 100 °C, a fim de se proceder à sua esterilização (Lewis & Young, 1995). A alta temperatura não só elimina possíveis microrganismos indesejáveis, que tenham sobrevivido até esta etapa, como também inativa as enzimas presentes no mosto (Teixeira & Cruz, 2014). Por evaporação, faz-se a concentração do mosto, eliminando-se o excesso de água (Rehberger & Luther, 1995). Esta etapa promove também a precipitação de proteínas de elevado peso molecular, cuja presença poderia causar alterações organoléticas indesejáveis na cerveja (Bamforth, 2009).

Devido ao calor, formam-se substâncias reductoras tais como as melanoidinas, que intensificam a cor do mosto (Bamforth, 2009). Ainda nesta etapa ocorre a adição de lúpulo, geralmente no início

e a poucos minutos do fim do processo, dependendo do tipo de cerveja a produzir e das variedades. O lúpulo tem como intuito enriquecer a cerveja com características aromáticas e com amargor. Tal ocorre devido à reação de isomerização dos ácidos- α a iso- α -ácidos (Teixeira & Cruz, 2014). A isomerização não é uma reação muito eficiente, pois só ocorre uma conversão de 50 % dos ácidos- α .

No produto final permanecem apenas 25 % dos iso- α -ácidos. Os ácidos- β , por serem pouco solúveis no mosto, vão sendo eliminados durante a ebulição (Priest & Stewart, 2006). Apenas uma pequena parte desses são convertidos em compostos aromaticamente ativos. Os complexos moleculares resultantes da reação entre os compostos fenólicos do malte e de lúpulo adicionados e entre as proteínas do mosto, são eliminados por decantação, já que não se solubilizam no mosto (Rehberger & Luther, 1995). Os resíduos de lúpulo são separados da restante mistura.

2.3.2.5 Arrefecimento

O mosto é arrefecido de uma temperatura de cerca de 100 °C até perto de 24 °C, para se conseguir inocular a levedura. Durante a passagem para a cuba de fermentação, o mosto perde, em média, cerca de 5 °C. Por essa razão, e dependendo da temperatura da água utilizada no permutador de placas de arrefecimento, o mosto geralmente é arrefecido até 29 °C, antes de ser transferido para a cuba de fermentação. Note-se que se for utilizada água da rede pública para o arrefecimento, é essencial ter em consideração a sua temperatura. Por essa razão, o arrefecimento no verão é muito mais demorado do que no inverno.

2.3.2.6 Trasega, Arejamento e Adição de Levedura

Após ter sido arrefecido, o mosto é transferido para o fermentador por gravidade. O mosto é arejado ao ser introduzido na cuba, garantindo uma concentração de oxigénio entre 8 mg/L a 10 mg/L. O oxigénio é o agente responsável pelo crescimento e desenvolvimento das leveduras, tendo por isso um papel fundamental (Palmer, 2006).

Durante a ebulição, retira-se da panela de fervura um pequeno volume de mosto esterilizado. Após atingir uma temperatura favorável entre 20 °C a 24 °C, é adicionada levedura já na proporção pretendida para a fermentação na cuba. Este pequeno passo tem o objetivo de ativar as leveduras, designando-se por essa razão de cultura de arranque ou *starter* (Priest & Stewart, 2006). Durante o enchimento da cuba de fermentação, é adicionada a cultura de arranque. A sua concentração celular no mosto, deverá estar compreendida entre $12 \times 10^6 \text{ mL}^{-1}$ e $20 \times 10^6 \text{ mL}^{-1}$.

2.3.3 Fermentação e Maturação

2.3.3.1 Fermentação Primária

Processo em que as leveduras selecionadas transformam os açúcares do mosto em etanol, dióxido de carbono e em outros produtos secundários (Munroe, 2006). Os perfis comuns relativos à concentração de biomassa, etanol, extrato e pH ao longo da fermentação, encontram-se demonstrados na Figura 5. A duração da fermentação primária é de 8 d a 20 d, dependendo da temperatura. Caso ocorra a altas temperaturas, o tempo de fermentação é de apenas 7 d (Meussdoerffer, 2009). A temperatura deste processo vai variando ao longo do tempo, dependendo do tipo de cerveja a produzir.

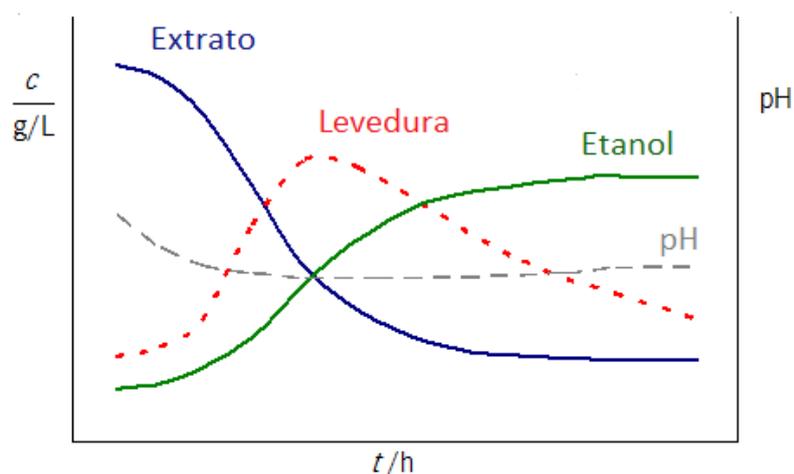


Figura 5 – Perfis de concentração (c) de biomassa, etanol, pH e extrato ao longo do tempo (t) de fermentação (adaptado de Teixeira, 2014).

O processo é monitorizado pela medição do extrato do mosto (Teixeira & Cruz, 2014). O número de células de levedura em suspensão aumenta numa fase inicial, diminuindo à medida que a levedura floclula. A produção de etanol poderá continuar após se atingir o pico de concentração de biomassa em suspensão, terminando quando se atinge somente a atenuação final. Relativamente ao pH do mosto, esse vai diminuindo ao longo da fermentação devido à produção de ácidos orgânicos e por causa do consumo de compostos com efeito tampão (Briggs *et al.*, 2004). No final regista-se geralmente um pequeno aumento do pH.

A formação das primeiras bolhas de dióxido de carbono ocorre geralmente após um período de 8 h a 16 h, acompanhada do aumento de temperatura e espuma (Munroe, 2006). No período referente às primeiras 10 h de fermentação, a levedura tende a consumir todo o oxigénio dissolvido no mosto (Munroe, 2006). Esse contém uma quantidade favorável de minerais, vitaminas entre

outros fatores, necessários para a nutrição e crescimento da levedura (Priest & Stewart, 2006). Como fonte de azoto facilmente assimilável, as leveduras recorrem aos aminoácidos da mistura. A obtenção de fósforo e de enxofre é conseguida pela assimilação de iões fosfato e de aminoácidos, como a metionina e a cisteína (Teixeira & Cruz, 2014). A sua fonte de carbono e de energia são os açúcares presentes no mosto, nomeadamente os açúcares primários e os secundários. A glucose, a frutose e a sacarose constituem o grupo dos açúcares primários e a maltose e maltotriose os açúcares secundários. O grupo primário é consumido primeiramente, seguindo-se os açúcares secundários (Meussdoerffer, 2009). Os perfis de concentração destes açúcares, ao longo do processo fermentativo, encontram-se exibidos na Figura 6. As reações de hidrólise são exotérmicas, pelo que é necessário arrefecer o mosto durante a fermentação (Munroe, 2006).

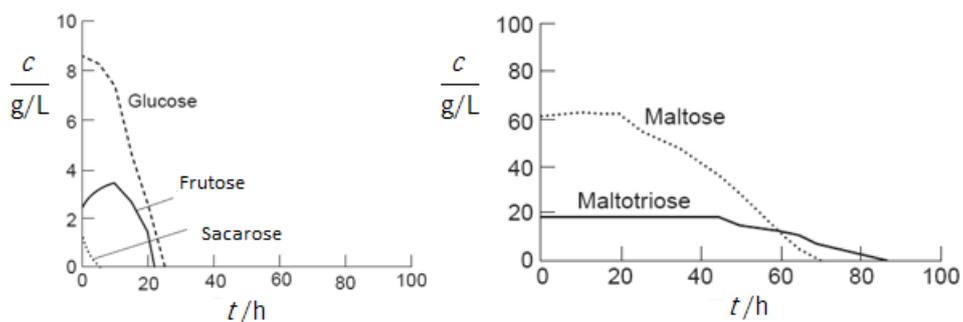


Figura 6 – Perfis de concentração (c) dos açúcares metabolizados ao longo do tempo (t) da fermentação (adaptado de Teixeira, 2014).

A metabolização da maltose é inibida pela adição de glucose, ocorrendo a mesma situação no caso da metabolização da maltotriose. Tanto a maltose como a maltotriose são consumidas conjuntamente, embora a primeira seja metabolizada mais rapidamente. Dentro das células, os açúcares são metabolizados por via glicolítica (Esslinger, 2009).

Os compostos produzidos durante a fermentação, têm um papel fundamental no aroma final da cerveja. Sendo a cerveja constituída por água, dióxido de carbono, etanol, sais inorgânicos e cerca de 800 compostos orgânicos, torna-se imprescindível controlar devidamente o processo fermentativo (Teixeira & Cruz, 2014). A produção dos metabolitos, responsáveis pelo aroma e sabor, tem que ocorrer nas concentrações desejadas.

Os metabolitos secundários com maior impacto no aroma da cerveja, pertencem às seguintes classes: álcoois, ésteres, ácidos orgânicos, compostos carbonílicos (aldeídos e cetonas) e compostos de enxofre. Tratam-se, sobretudo, de subprodutos do metabolismo dos açúcares e dos aminoácidos (Teixeira & Cruz, 2014).

No que respeita ao tipo de fermentação, é possível distinguir fermentações altas e baixas. As fermentações altas são características das leveduras *ales*, sendo a levedura recolhida no final do processo no topo do fermentador. Nas fermentações baixas, a levedura no final do processo sedimenta no fundo do fermentador, sendo tal característico das leveduras *lagers* (Lodolo *et al.*, 2008). A alta fermentação normalmente é mais rápida do que a baixa, ocorrendo a temperaturas superiores, entre 15 °C e 20 °C. Em comparação, as fermentações baixas ocorrem entre 10 °C e 15 °C (Palmer, 2006).

Os fermentadores mais utilizados no fabrico artesanal, são os cilindro-cónicos (Briggs *et al.*, 2004), do género do apresentado na Figura 7. Tal preferência é justificada por uma eficiente separação e remoção das leveduras pela base cónica do fermentador no final da fermentação. Além disso, este tipo de fermentador facilita a saída do dióxido de carbono (Briggs *et al.*, 2004). Atualmente, tanto a fermentação de *lagers* como de *ales* é feita em tanques cilindro-cónicos, sendo a colheita de levedura feita pelo cone mesmo no caso das *ales* (Teixeira & Cruz, 2014).

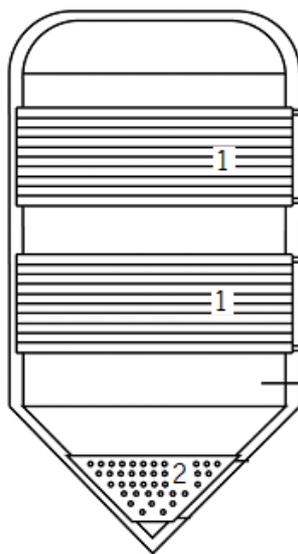


Figura 7 – Fermentador cilindro-cónico, 1–camisas de arrefecimento; 2–zona de deposição das leveduras (adaptado de Teixeira & Cruz, 2014).

2.3.3.2 Maturação

Após a fermentação primária, a cerveja é deixada em contacto com as leveduras, já que não são removidas na totalidade (Lewis & Young, 1995). Como as características aromáticas da cerveja ainda não estão completamente desenvolvidas, com este procedimento promove-se formação e a re-assimilação de alguns compostos aromáticos (Esslinger, 2009). Tal procedimento também permite a estabilização coloidal da cerveja, obtendo-se um produto maturado (Palmer, 2006).

Esta etapa prolonga-se entre 7 d e 30 d e requer baixas temperaturas, o que implica o uso de sistemas de refrigeração nos fermentadores (Esslinger, 2009). Um dos compostos mais importantes, que se é degradado nesta etapa, é o diacetilo (Teixeira & Cruz, 2014). É responsável pelo aroma/sabor amanteigado e por essa razão a sua concentração deve estar abaixo do limiar de percepção, isto é, abaixo de 50 µg/L (Teixeira & Cruz, 2014). No final da fermentação primária, a concentração desse composto é bastante acima do desejado. Durante a maturação, a sua concentração diminui, atingindo no final do referido processo valores abaixo do limiar mencionado. Esta etapa torna-se necessária para o aprimoramento do sabor.

2.3.4 Operações de Acabamento

2.3.4.1 Enchimento

Nesta fase procede-se ao acondicionamento da cerveja em garrafa ou barril. Não se procede à adição de qualquer tipo de corante e/ou conservante (Esslinger, 2009). O acondicionamento da cerveja pode ser feito diretamente do fermentador ou, por questões de maior facilidade de execução, pode ser bombeada previamente para uma cuba de enchimento. Durante o seu percurso de transferência, a cerveja passa por um filtro que retém eventuais resíduos de lúpulo, diminuindo também o excesso de biomassa em suspensão.

Caso se pretenda colocar o produto em garrafas, a cerveja é direcionada da cuba de enchimento para a enchedora, onde o acondicionamento é feito automaticamente. A rapidez do enchimento depende da capacidade e da tecnologia da enchedora.

Caso se pretenda colocar em barris, poder-se-á recorrer a bombas ou a métodos de enchimento por gravidade. Sendo um produto 100 % natural, a cerveja artesanal tem um tempo de prateleira relativamente curto. Os níveis de oxigénio no acondicionamento final podem alterar a estabilidade do sabor e do aroma (Priest & Stewart, 2006). O tipo e cor de embalagem restringe a quantidade e intensidade de luz que atinge o produto no interior, podendo, por isso, influenciar as suas qualidades sensoriais (Teixeira & Cruz, 2014).

2.3.4.2 Rotulagem

Nesta etapa final são colocados rótulos nas garrafas que identificam a marca da cerveja, empresa responsável, a variedade e tipo de cerveja, título alcoométrico volúmico, entre outras informações relativas aos ingredientes do seu fabrico (Priest & Stewart, 2006). Tal pode ser feito manualmente ou utilizando máquinas apropriadas (Teixeira & Cruz, 2014).

2.4 Levedura

As leveduras são microrganismos unicelulares, cuja principal função no processo cervejeiro é a incorporação de açúcares e conversão desses em etanol, dióxido de carbono e outros produtos secundários, nomeadamente ésteres, álcoois superiores, cetonas e fenóis voláteis (Briggs *et al.*, 2004), num processo designado por fermentação alcoólica.

Os ésteres são responsáveis por um carácter frutado (Priest & Stewart, 2006) e os álcoois superiores são responsáveis pelo “corpo” e carácter alcoólico (Teixeira & Cruz, 2014). Para a produção de cerveja são utilizadas *estirpes Saccharomyces pastorianus/carlsbergensis* e *Saccharomyces cerevisiae*, leveduras de baixa e alta fermentação, respetivamente (Teixeira & Cruz, 2014).

Tanto as leveduras de alta como de baixa fermentação, são poliploides e reproduzem-se assexuadamente por gemulação (White & Zainasheff, 2012), tal como mostra a Figura 8. Estes microrganismos são apenas capazes de um número limitado de divisões, nomeadamente entre 10 e 30. Cada divisão deixa uma marca ou cicatriz na célula de cada levedura, sendo por microscopia eletrónica possível verificar o número de divisões de cada um (Kuřec *et al.*, 2009).

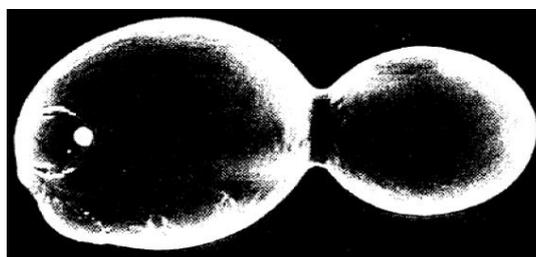


Figura 8 – Levedura *Saccharomyces cerevisiae* em gemulação, fotografia obtida por microscópio eletrónico de varrimento (adaptado de Rodrigues, 2003).

2.4.1 Taxonomia

Ao longo dos tempos, a levedura tornou-se o microrganismo mais importante no que respeita à produção de bebidas fermentadas (Lewis & Young, 1995). Em 1883, procedeu-se à classificação taxonómica da espécie *Saccharomyces cerevisiae*. Para tal foram tidos em conta as características da própria espécie, isto é, a atividade metabólica, a temperatura de crescimento, a morfologia, a capacidade de fermentar em diferentes substratos, o comportamento de floculação e as características fenotípicas e genéticas, entre outras (Palmer, 2006). Essa classificação é mostrada na Figura 9, estando organizada hierarquicamente de super-reino até espécie (Esslinger, 2009). O aparecimento de novas estirpes, mais complexas, mais resistentes e melhoradas para o

processo produtivo, torna a classificação taxonómica da levedura *Saccharomyces* confusa e em constante mudança (Priest & Stewart, 2006).

Super-Reino	Eukaryota
Reino	Fungi
Filo	Ascomycota
Classe	Saccharomycetes
Ordem	Saccharomycetales
Família	Saccharomycetaceae
Género	<i>Saccharomyces</i>
Espécie	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>

Figura 9 – Classificação Taxonómica de *Saccharomyces cerevisiae* (adaptado de Esslinger, 2009).

2.4.2 Morfologia, Estrutura e Composição

Em termos de dimensão, o diâmetro das células de levedura situa-se entre os 5 μm e os 10 μm , o comprimento entre os 4 μm e 14 μm e a largura entre os 3 μm e os 10 μm (Esslinger, 2009). Quanto ao seu formato, as células podem ser redondas ou ovais, tomando forma elíptica ou cilíndrica (Palmer, 2006). A Figura 10, mostra por microscopia eletrónica, a sua estrutura e morfologia.

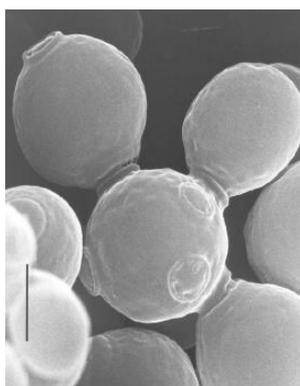


Figura 10 – Microscopia eletrónica de uma *Saccharomyces* – a barra corresponde a 5 μm (adaptado de Priest & Stewart, 2006).

Quando se obtém um conjunto de alguns milhões de células de levedura, resultado da proliferação de células individuais, a sua presença torna-se evidente.

Em meios líquidos, sob a forma de sedimentos, turvação ou películas superficiais, a biomassa adquire cor na maior parte das vezes, fruto da adesão dos vários constituintes do meio à sua

parede celular. Quando tal não ocorre, a biomassa exibe uma cor cinzenta ou esbranquiçada (Briggs *et al.*, 2004). A inoculação e a proliferação de células de levedura num meio de crescimento sólido, de gel de agarose por exemplo, origina o aparecimento de colónias circulares, cujo tamanho e forma variam consoante a espécie e a estirpe (Esslinger, 2009).

Relativamente à estrutura celular, a célula de levedura é uma célula eucariota (Esslinger, 2009). O núcleo é revestido por uma membrana que protege os cromossomas. O seu citoplasma contém vários organelos celulares, sendo que a membrana celular e a parede celular formam uma espécie de muro protetor que mantém a integridade da célula (Briggs *et al.*, 2004). A constituição de uma célula de levedura encontra-se exibida na Figura 11.

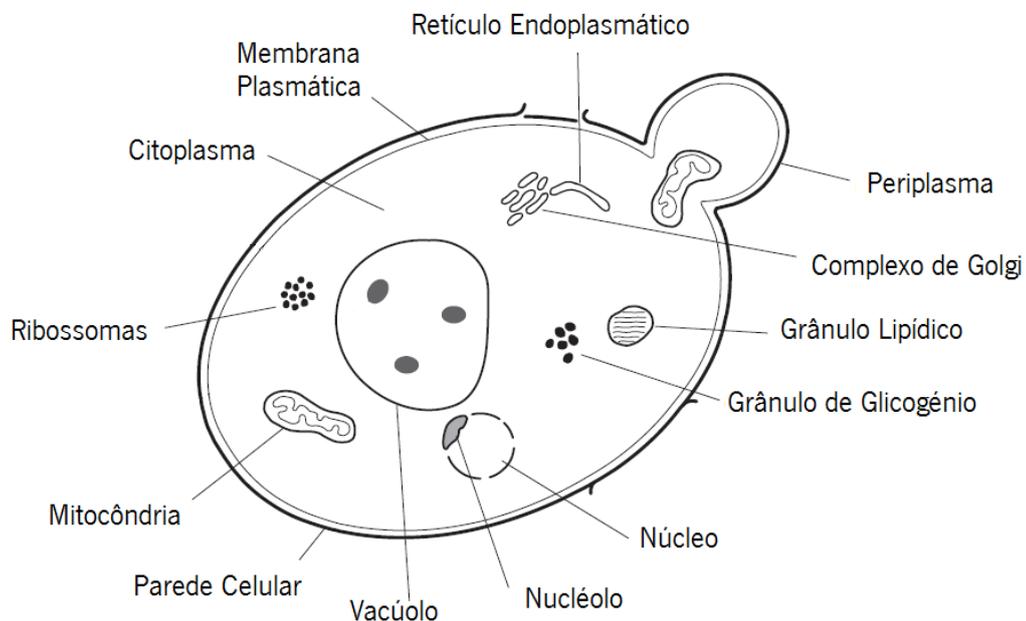


Figura 11 – Constituição de uma célula de levedura (adaptado de Briggs *et al.*, 2004).

As condições de incubação, a natureza do meio utilizado bem como os agentes de solidificação, têm um papel também determinante no que respeita à morfologia apresentada pelas colónias (Briggs *et al.*, 2004). Deste modo, todos esses fatores contribuem para o aparecimento de colónias morfologicamente diferentes, havendo uma grande diversidade de formas. A identificação de espécies e estirpes através da observação de colónias é só possível se houver conhecimento prévio das suas características morfológicas (tamanho individual, forma e propagação vegetativa) para uma correta comparação e manipulação dos parâmetros de identificação (Priest & Stewart, 2006).

A célula de levedura é constituída maioritariamente por água, cerca de 80 % (Priest & Stewart, 2006). Na Tabela 1 estão listados os principais compostos químicos da célula de levedura. Tanto

os iões inorgânicos como os compostos inorgânicos de baixo peso molecular, constituem o grupo de compostos minoritários (Briggs *et al.*, 2004). Desse grupo destacam-se de igual modo os ácidos nucleicos, as proteínas e os hidratos de carbono (Anger & Kruger, 1990).

Tabela 1 – Composição química da célula de levedura em peso seco (P_s)

Compostos químicos	P_s /%
Hidratos de carbono	10 a 30
Gorduras	1,2 a 12
Glicogénio	28 a 43
Compostos não orgânicos	8 a 9
Compostos azotados	45 a 60

2.4.3 Ciclo Celular

O ciclo celular da levedura corresponde a um conjunto de processos bioquímicos coordenados responsáveis pelo crescimento e multiplicação celular (Priest & Stewart, 2006). Trata-se de um ciclo que envolve a coordenação de eventos contínuos, como o crescimento celular, com eventos descontínuos, tais como mitose, excisão da célula filha e replicação do DNA (Briggs *et al.*, 2004). O ciclo celular das leveduras, incluindo as diferentes fases, encontra-se ilustrado na Figura 12.

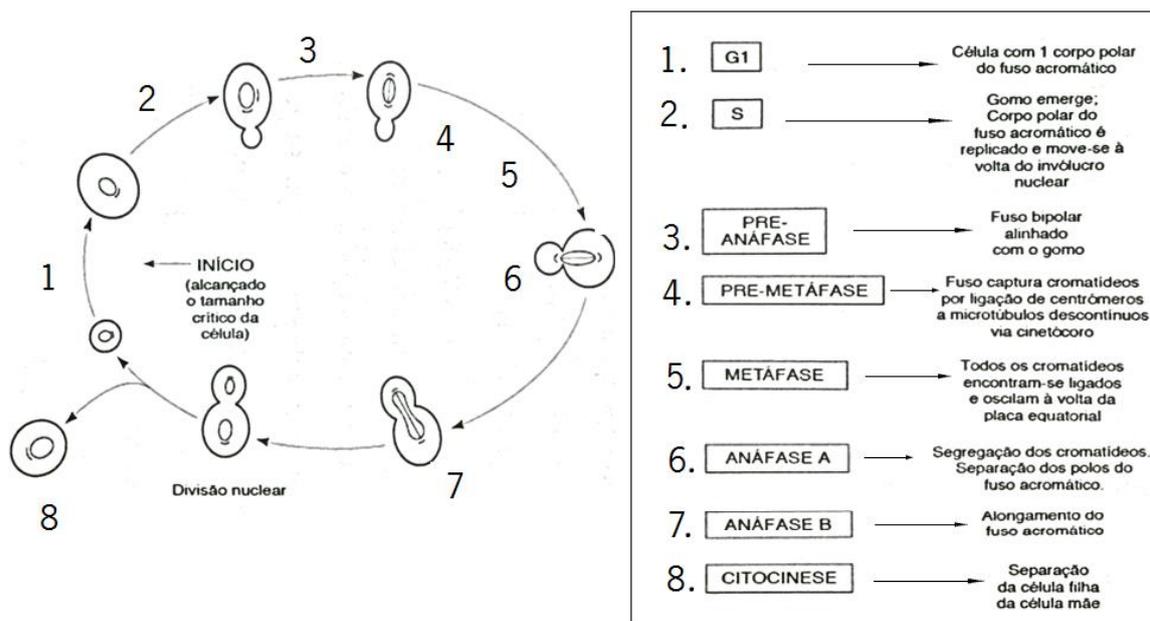


Figura 12 – Ciclo Celular *Saccharomyces cerevisiae* (adaptado de Briggs *et al.*, 2004).

O ciclo centra-se em três pontos principais. O primeiro corresponde às alterações morfológicas que ocorrem quando a célula-mãe dá origem à célula-filha, ficando ambas com marcas físicas da separação. O segundo corresponde às alterações bioquímicas que estão na base do processo da proliferação. O terceiro e último ponto, assenta nos processos moleculares responsáveis pela coordenação do crescimento e multiplicação celular (Briggs *et al.*, 2004).

Tal como já foi referido, a *Saccharomyces cerevisiae* reproduz-se assexuadamente por gemulação (divisão celular assimétrica), onde uma célula de levedura, célula-mãe, dá origem a outra célula designada como gomo ou célula-filha (White & Zainasheff, 2012). Para assegurar uma correta segregação nuclear, formação e separação do gomo, a célula-mãe tem que estar polarizada. Trata-se de um processo direcional (Priest & Stewart, 2006).

2.4.4 Metabolismo

A atividade metabólica corresponde a todos os processos e reações químicas que ocorrem na célula (White & Zainasheff, 2012). As leveduras exibem um metabolismo respiratório aeróbio, responsável pela produção de biomassa e um metabolismo fermentativo anaeróbio, do qual resulta o etanol e o dióxido de carbono, essencialmente (Briggs *et al.*, 2004). Trata-se de um microrganismo anaeróbio facultativo (Esslinger, 2009).

Processos bioquímicos como a captação e conversão anaeróbia dos açúcares do mosto, consumo de nutrientes, crescimento celular, proliferação, produção e excreção de compostos para o produto final, traduzem a atividade metabólica da levedura durante a fermentação e maturação da cerveja (Priest & Stewart, 2006). Os compostos químicos resultantes do metabolismo afetam o sabor e aroma da cerveja final (Pires *et al.*, 2014). Por essa razão, a quantidade de biomassa presente durante a fermentação primária tem que ser controlada eficientemente. A mesma situação pode ocorrer quando existe excesso de levedura em suspensão no produto final, já na garrafa. Torna-se relevante averiguar a quantidade de biomassa aí retida.

2.4.5 Reutilização, Armazenamento e Propagação de Leveduras

A reutilização de leveduras tem como intuito o reaproveitamento desse microrganismo para a produção de um novo lote de cerveja. Normalmente após a fermentação primária, as empresas cervejeiras optam por retirar as leveduras, adicionando-as a um novo ciclo produtivo ou armazenando-as para uso posterior (Briggs *et al.*, 2004). Apesar de poderem ser recolhidas e

reinoculadas até um máximo de 20 vezes (Priest & Stewart, 2006), são introduzidas novas culturas de forma periódica. Isto porque a levedura vai perdendo a capacidade fermentativa, diminuindo a sua eficiência durante a fermentação (Esslinger, 2009). O mestre cervejeiro, de um modo empírico, avalia a necessidade de renovação.

O reaproveitamento pode ser feito de várias maneiras, quer recolhendo as leveduras de ciclos produtivos anteriores quer fazendo a propagação laboratorialmente, de culturas puras da levedura desejada, em volume suficiente e de acordo com as exigências de produção (White & Zainasheff, 2012). As que são reutilizadas de ciclos anteriores, são mais suscetíveis de apresentar instabilidade genética, podendo afetar a produtividade (Gibson *et al.*, 2008). As leveduras propagadas em laboratório, relativamente às anteriores, têm um período de latência maior, floculam mais lentamente e demoram mais tempo até atingirem a atenuação final (Powell *et al.*, 2003).

No que respeita à reutilização de ciclos anteriores, as leveduras podem ser recolhidas no fundo ou no topo do fermentador, sejam *lager* ou *ale* (Lodolo *et al.*, 2008). Atualmente, a utilização de fermentadores cilindro-cónicos permite a recolha de levedura apenas no fundo do fermentador, independentemente do tipo usado (Teixeira & Cruz, 2014). Tal permite a obtenção de melhores índices de viabilidade e vitalidade das leveduras reutilizadas. Note-se que no interior do fermentador, além da levedura em suspensão, existe também uma porção depositada no fundo, que se distribui em três camadas de sedimentos: camada do topo, camada do meio e camada do fundo (White & Zainasheff, 2012).

A fim de se efetuar a sua recolha, a camada do fundo é retirada até se notar mudança de cor na lama. Quando tal ocorre, já se está a drenar a camada intermédia, camada essa na qual as leveduras apresentam floculação normal, devendo por isso ser recolhidas e posteriormente reutilizadas ou armazenadas. Uma nova alteração de cor indicará o fim da camada intermédia e o início da do topo (White & Zainasheff, 2012).

Quando não são imediatamente utilizadas, as leveduras são armazenadas a frio, a uma temperatura entre 1 °C e 5 °C, com o objetivo de diminuir a sua atividade biológica (Esslinger, 2009). Para garantir a sua viabilidade por mais tempo, pode ser adicionada água, cerveja ou uma solução de dihidrogenofosfato de potássio (Priest & Stewart, 2006). Os recipientes de armazenamento devem permitir a libertação de dióxido de carbono para o exterior. Devem ser fechados e de fácil lavagem.

Em laboratório, a propagação de leveduras pode ser efetuada por subcultura sucessiva. Consiste na realização de uma série de culturas intermédias com o progressivo aumento de volume (White & Zainasheff, 2012), tal como está apresentado na Figura 13. Trata-se de um processo que demora cerca de duas semanas. No final, as leveduras devem apresentar uma viabilidade de 98 % e uma concentração celular de $1,5 \times 10^8 \text{ mL}^{-1}$ a $2 \times 10^8 \text{ mL}^{-1}$ (White & Zainasheff, 2012).

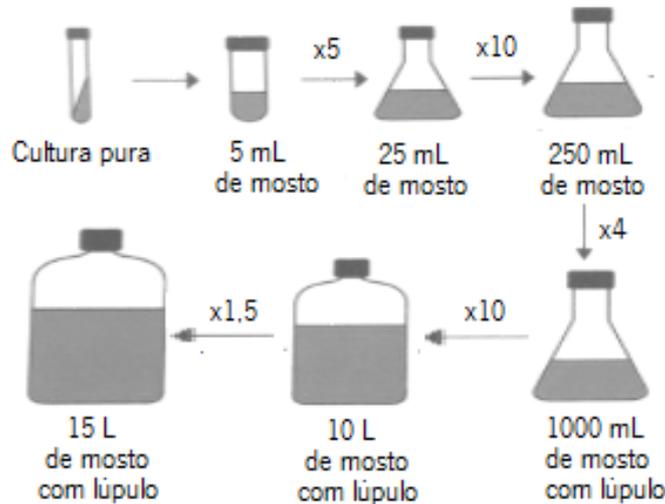


Figura 13 – Propagação sucessiva de leveduras em laboratório (adaptado de White & Zainasheff, 2012).

O armazenamento das culturas puras depende do volume exigido pelo setor de produção. A fim de se manter a pureza, viabilidade e identidade das culturas, podem ser usados diferentes métodos de armazenamento, tais como a subcultura periódica, a liofilização ou o congelamento em azoto líquido (Priest & Stewart, 2006).

2.5 Microbiologia Cervejeira

A levedura é o microrganismo fundamental no processo cervejeiro, devido ao seu papel na fermentação primária (Briggs *et al.*, 2004). O crescimento microbiano na cerveja torna-se reduzido, devido à presença de etanol e altas concentrações de dióxido de carbono. A baixa concentração de oxigénio, o baixo pH e a escassez de nutrientes, diminuem ainda mais as possibilidades de crescimento (Suzuki, 2011). Os componentes ácidos do lúpulo conferem, por sua vez, propriedades antissépticas à cerveja (Palmer, 2006). Devido a todos estes fatores, a cerveja torna-se um meio hostil para o crescimento microbiano.

Ainda assim, podem ocorrer contaminações na cerveja devido à presença de microrganismos indesejáveis. Tal pode ocorrer de forma direta ou indireta. De uma maneira ou de outra, todas as contaminações têm efeitos na qualidade final da cerveja (Esslinger, 2009).

De forma direta, a contaminação pode ocorrer quando se regista o aparecimento de microrganismos contaminantes no mosto ou na cerveja final. Tal acontece porque o mosto é uma mistura rica em açúcares, nutrientes e oxigénio, constituindo um meio favorável à propagação microbiana. Embora os compostos amargos do lúpulo tenham poder antisséptico, existem microrganismos que resistem ao seu efeito. É o caso das bactérias ácido-láticas (bactérias Gram-positivas), bactérias acéticas (aeróbias estritas), bactérias anaeróbias facultativas (bactérias Gram-negativas) e leveduras selvagens (Goldammer, 2008). Relativamente a estas últimas, adquirem o termo de “selvagens” pois não são escolhidas deliberadamente para o processo cervejeiro (Priest & Stewart, 2006). Resultam geralmente de contaminações cruzadas e podem pertencer aos seguintes géneros: *Brettanomyces/Dekkera*, *Debaryomyces*, *Hansenula*, *Saccharomyces* e *Torulopsis* (Esslinger, 2009). Provocam turvação na cerveja, o aparecimento de alguns aromas indesejados (como o diacetilo e alguns compostos fenólicos e sulfurados), superatenuação (Andrews & Gilliland, 1952) e a diminuição da produção de etanol durante a fermentação.

Em relação às bactérias contaminantes, as ácido-láticas tendem a crescer em ambientes ricos em dióxido de carbono (Pellettieri, 2015). Podem aparecer nas matérias-primas a usar ou podem ser apenas detetadas no produto final. Produzem diacetilo (aroma amanteigado) e aumentam a turvação e acidez da cerveja. São pertencentes aos géneros *Lactobacillus* e *Pediococcus* (Goldammer, 2008). As bactérias anaeróbias facultativas, *Pectinatus* e *Megasphaera* (Goldammer, 2008), aparecem em ambientes anaeróbios. Por essa razão, é comum contaminarem a cerveja embalada. Promovem o desenvolvimento de odor a putrefação, devido à produção de sulfureto de hidrogénio (Pires *et al.*, 2014).

A presença direta de todos os contaminantes mencionados pode levar a pequenas alterações no aroma, ou no pior dos casos, poderá afetar o produto na sua totalidade, tornando a cerveja imprópria para consumo (Lewis & Young, 1995). Outro efeito que pode ser desencadeado pelos contaminantes é a excessiva conversão dos açúcares, num processo designado por superatenuação (Andrews & Gilliland, 1952). Quando se adiciona a levedura pretendida ao mosto, ele fica protegido face à presença de microrganismos contaminantes em baixas concentrações, pois não conseguem competir com a levedura escolhida para a fermentação (Priest & Stewart, 2006).

Indiretamente, os microrganismos contaminantes podem alterar a natureza das matérias-primas a usar no processo produtivo, alterando o seu comportamento durante a fabricação e tratamento

do mosto (Pellettieri, 2015). Além disso, a contaminação das matérias-primas pode originar o aparecimento de metabolitos indesejáveis (Wolf-Hall & Schwarz, 2002). Esses metabolitos podem resistir a todas as etapas do processo, afetando não só as propriedades organolépticas da cerveja final bem como a sua segurança de consumo (Gumus *et al.*, 2004; Wolf-Hall & Schwarz, 2002). Para além destas formas indiretas, a presença de biomassa contaminante nas matérias-primas, ainda que morta durante as etapas de processamento, causa turvação na cerveja e proporciona o aparecimento de compostos indesejáveis devido à rutura celular (Briggs *et al.*, 2004).

2.6 Análise de Investimentos

A análise económico-financeira de um projeto envolve a definição de objetivos, a identificação de várias formas de concretização dos mesmos, a avaliação das incertezas associadas a cada opção, a identificação dos custos, a identificação dos benefícios, a avaliação dos mesmos relativamente à forma que poderão proporcionar rendimento ao investimento, a identificação do horizonte temporal e, por fim, a aplicação de um teste da viabilidade do investimento (Couto *et al.*, 2004). Todo este estudo tem como objetivo sustentar a decisão de se investir ou não num dado projeto. Por essa razão, é crucial elaborar um planeamento claro e organizado de todas as variáveis que envolvem o estudo económico-financeiro. Numa fase inicial, são realizados estudos técnicos para avaliar se compensa ou não iniciar um novo projeto (Marques, 2000), isto é, são discutidos os prós e os contras da implementação do mesmo (Couto *et al.*, 2004). O projeto só será viável se forem analisados todos os elementos do estudo de viabilidade. Qualquer lacuna que possa aparecer nesse campo limita abruptamente a análise de investimento (Camacho & Rosa, 1989). Numa fase posterior, de modo a avaliar a rentabilidade financeira do projeto, deverão ser determinados os fluxos financeiros gerados pelo mesmo. Como o objetivo de qualquer empresa é a obtenção de lucros, quando toda a informação referente ao projeto estiver agrupada, é necessário determinar o retorno do investimento. Para quem investe, é fundamental que esse seja viável e atrativo (Couto *et al.*, 2004).

2.6.1 Fluxos Financeiros

Trata-se do método de avaliação mais adequado para analisar a viabilidade económica de um dado projeto (Frank & Bernanke, 2004). Para um determinado período de tempo, um fluxo financeiro corresponde à diferença entre os benefícios gerados e os custos de operação obtidos, ao qual é deduzido imposto se positivo (Couto *et al.*, 2004). Desta forma, é uma medida que possibilita a identificação dos fluxos monetários de entrada e de saída de uma empresa, bem

como os seus equivalentes durante o tempo de vida do projeto (Moreira, 1999). Permite, portanto, averiguar a capacidade de uma empresa gerar dinheiro e em que tempo útil o faz, mostrando toda a sua estrutura financeira e todas as variações aí ocorridas (Silva, 2012).

2.6.2 Valor Atual Líquido

O valor atual líquido (*VAL*) baseia-se na atualização de valores esperados dos fluxos de caixa de um projeto (Couto *et al.*, 2004). Corresponde à soma algébrica do valor atual de todos os fluxos de caixa referentes ao projeto, atualizados ao custo de oportunidade capital. A Equação 1 traduz o cálculo do *VAL* (Couto *et al.*, 2004)

$$VAL_k = \sum_{t=0}^n \frac{FC \times t}{(1+k)^t} \quad (\text{Eq.1})$$

FC corresponde ao valor do fluxo de caixa, *k* à taxa de atualização (taxa mínima de atratividade ou taxa de interesse), *n* ao horizonte temporal de investimento e *t* ao tempo.

A taxa de atualização tem como objetivo refletir o rendimento que será possível obter efetuando uma aplicação alternativa do capital, ou seja, trata-se de uma taxa de juro que traduz o que o promotor do projeto se propõe a ganhar ao efetuar o investimento (Roldão, 2005). Se *VAL* > 0, o investimento gera fluxos de caixa que permitem recuperar o valor investido, com remuneração capital a uma taxa de rentabilidade superior à exigida pelo promotor do investimento. Se *VAL* < 0, o investimento não gera fluxos de caixa que possibilitem a recuperação do montante investido, sendo o capital remunerado a uma taxa de rentabilidade inferior à exigida pelo promotor. Se *VAL* = 0, o investimento origina fluxos de caixa que permitem a recuperação do valor investido, com remuneração capital a uma taxa de rentabilidade idêntica à exigida pelo promotor (Couto *et al.*, 2004). O *VAL* utiliza todos os fluxos de caixa de um dado projeto, não acontecendo tal noutros critérios que ignoram os fluxos monetários para além do período de análise. Desta forma, permite oferecer grandes vantagens quando se pretende efetuar escolhas em comparação com o período de cobertura (Camacho & Rosa, 1989).

2.6.3 Taxa Interna de Rentabilidade

A taxa interna de rentabilidade (*TIR*) é um indicador utilizado para averiguar se o projeto é ou não viável para cobrir as remunerações de capital (Frank & Bernanke, 2004). A taxa de atualização tem o mesmo procedimento de cálculo do *VAL*, sendo obtida quando o *VAL* é nulo (Camacho &

Rosa, 1989). Quanto maior for o valor de TIR , maior será a rentabilidade do projeto (Young & Ernest, 1994). Obtém-se, portanto, quando do valor atualizado das receitas iguala o valor atualizado do investimento, com um montante atualizado igual a 0. A Equação 2 traduz o cálculo da TIR , que consiste em igualar a Equação 1 a zero (Couto *et al.*, 2004).

$$0 = \sum_{t=0}^n \frac{FC \times t}{(1 + TIR)^t} \quad (\text{Eq.2})$$

A aceitação ou rejeição de um projeto de investimento passa por comparar a TIR com o custo de oportunidade do capital, cuja taxa foi utilizada no cálculo dos valores atualizados do VAL (Couto *et al.*, 2004). Se a $TIR > k$, aceita-se o projeto, pois, o investimento remunera os capitais a uma taxa superior relativamente à do custo de oportunidade do capital. Quando a $TIR = k$, o investimento remunera os capitais a uma taxa idêntica à do custo de oportunidade do capital, ou seja, é indiferente aceitar ou não o projeto. Quando $TIR < k$, o investimento remunera os capitais a uma taxa inferior à do custo de oportunidade do capital, logo rejeita-se o projeto (Couto *et al.*, 2004).

Para a avaliação e escolha de projetos de investimento, a utilização deste critério deve ser feita em conjunto com o VAL (Abecassis & Cabral, 2000). O cálculo da taxa de rentabilidade é um critério bastante útil quando se desconhecem, à partida, as condições específicas do financiamento do projeto ou quando se estuda a viabilidade de projetos com diferentes investimentos e distintos períodos de vida útil (Couto *et al.*, 2004).

2.6.4 Anuidade Equivalente

Quando existem várias alternativas de investimento, a anuidade equivalente (AE) é um critério usado para a comparação de projetos distintos, isto é, com montantes iniciais e tempos de vida útil diferentes (Abecassis & Cabral, 2000). Pode ser obtido através da Equação 3 (Couto *et al.*, 2004).

$$AE_k = VAL_k \times \frac{k(1+k)^n}{(1+k)^n - 1} \quad (\text{Eq.3})$$

2.6.5 Tempo de Recuperação

O tempo de recuperação (TR) do investimento é um critério de avaliação que traduz quanto tempo é necessário para o projeto gerar fluxos monetários suficientes para recuperar o investimento (Couto *et al.*, 2004). De igual modo, pode ser usado para sustentar a decisão se um projeto deve

avançar ou não, tendo em conta o número de anos previamente estipulados (Camacho & Rosa, 1989). Conhecidos os valores anuais das despesas, receitas e investimentos, o tempo de recuperação é visualizado quando a soma de todos os fluxos financeiros é igual a 0 (Couto *et al.*, 2004). Pode ser determinado para fluxos financeiros atualizados ou não. Apresenta como vantagens a facilidade e rapidez de cálculo, porém não faz referência à rentabilidade do investimento (Abecassis & Cabral, 2000).

3. O LABORATÓRIO DA CERVEJA COM HISTÓRIA, LDA.

O laboratório a projetar na Cerveja com História, Lda., deverá ter como funções não só permitir a reutilização e o controlo de qualidade das leveduras, como também possibilitar a execução de testes microbiológicos na própria empresa. Para tal, serão identificadas todas as tarefas a realizar, tendo em conta as preferências e objetivos da empresa.

A reutilização das leveduras poderá vir a ser efetuada de duas formas: reaproveitamento a partir de um ciclo produtivo anterior ou propagação de uma cultura pura em laboratório. Esta última foi a alternativa escolhida pela empresa. Assim sendo, e tendo em conta a produção semanal de cerveja, a propagação de leveduras poderia ser efetuada por subcultura sucessiva em mosto estéril e o seu armazenamento a uma temperatura de 3 °C, em recipientes com volumes entre 10 L e 15 L (Pellettieri, 2015). Todos os protocolos e procedimentos experimentais deverão ser estipulados pelo(s) técnico(s) do laboratório, em conformidade com os interesses da empresa. Esta tem como pretensa realizar no seu laboratório o controlo de qualidade das leveduras antes e durante o seu armazenamento, bem como antes de serem utilizadas na produção de um lote de cerveja. Todas as leveduras que se mostrarem inviáveis terão que ser descartadas. A renovação das culturas-mãe terá que ser efetuada periodicamente pelos profissionais especializados. Relativamente aos testes microbiológicos, a empresa tem o interesse de os aplicar a superfícies, materiais e ao ambiente, quer do laboratório quer da zona de produção. Pretende de igual modo realizá-los à cerveja, antes e depois de engarrafada, bem como ao mosto, antes da inoculação.

Os testes microbiológicos têm como objetivo a identificação e a deteção de microrganismos contaminantes no ambiente cervejeiro (Pellettieri, 2015). Dependendo do tipo de contaminante, são utilizados diversos meios de cultura específicos, em que a sua constituição possibilita o crescimento ou inibição do agente de contaminação, sendo assim possível testar a sua presença (Dragone *et al.*, 2008). Os testes de controlo de qualidade das leveduras permitem averiguar a viabilidade e a vitalidade das mesmas e detetar a presença de outras estirpes de levedura que não a pretendida (Briggs *et al.*, 2004). Se o modo de reutilização das leveduras, anteriormente escolhido, tivesse sido o reaproveitamento de ciclos produtivos anteriores, então haveria a necessidade de verificar se as elas apresentavam mutações respiratórias (Briggs *et al.*, 2004). A Tabela 2 lista e descreve os testes bacteriológicos e os testes de controlo de qualidade, que poderão vir a ser efetuados no laboratório da empresa.

Tabela 2 – Testes Microbiológicos e de Controle de Qualidade de Leveduras (Adaptado de Briggs *et al.*, 2004; Pellettieri, 2015; Priest & Stewart, 2006)

	Tipo de Teste	Descrição
Testes Microbiológicos	<i>Lee's Multiple Differential Medium (LMDA)</i>	Meio de cultura que permite testar a presença de bactérias acéticas ou lácticas. Por isso, é um meio em que o crescimento de bactérias em condições aeróbias e anaeróbias. Pode conter cicloheximidina, que inibe o crescimento de leveduras.
	Coloração de Gram	Método que permite a distinção entre bactérias Gram-positivas e Gram-negativas por coloração, sendo as primeiras vermelhas/rosa e as segundas roxas, respetivamente.
	<i>Hsu's Lactobacillus Pediococcus (HLP)</i>	Meio de cultura que permite identificar bactérias ácido-láticas gram-positivas, em ambiente anaeróbio.
	<i>MacConkey</i>	Método que permite a distinção por inibição entre bactérias Gram-negativas de Gram-positivas.
	<i>Universal Beer Medium (UBA)</i>	Meio de cultura cuja composição se aproxima do ambiente natural cervejeiro. Tem a função de identificar bactérias e leveduras selvagens adaptados à presença de compostos de cerveja.
	Controlo de qualidade de leveduras	Contagem Celular em câmara de Neubauer
<i>Wallerstein Laboratories Nutrient (WLN)</i>		Permite diferenciar por coloração estirpes de leveduras. Tal possibilita a identificação de estirpes selvagens e estranhas ao processo. A genotipagem poderá ser outra alternativa.
Mutações respiratórias		Teste que permite obter a percentagem de leveduras que apresentam este tipo de mutação.
Poder de Acidificação		Estima a viabilidade das leveduras de acordo com a sua atividade e com a análise do pH do meio.

4. PROJETO DO LABORATÓRIO CERVEJEIRO

Este capítulo engloba todo o planeamento de construção e montagem do laboratório na Cerveja com História, Lda. Todas as ideias de projeção serão aqui apresentadas, assim como, todos os equipamentos e utensílios laboratoriais necessários para o cumprimento das funções do laboratório.

É de salientar que a Cerveja com História, Lda. não tem espaço nas atuais instalações para a construção de um laboratório. Num curto prazo de tempo, a empresa tem a ambição de mudar a sua localização para a cidade de Braga, para ficar com maior facilidade de acesso tanto a nível comercial como a nível da receção das matérias-primas.

Caso a empresa mude mesmo a sua localização, nem toda a instalação fabril deverá vir a ser construída de raiz, devido a contenção de ordem temporal e económica. Optará, provavelmente por ocupar um espaço já construído, que ofereça todas as condições necessárias para um bom funcionamento da empresa. Tendo esta ideia como base de todo o planeamento, será apenas considerada a remodelação do compartimento que seria ocupado pelo laboratório nas novas instalações da empresa.

4.1 Planeamento e Construção

No que respeita á planificação do local laboratorial nas futuras instalações da empresa, estimou-se primeiramente o espaço mínimo necessário. Posteriormente, foi discutida a sua possível localização no interior das instalações. Daí conclui-se que, caso seja possível, teria que haver acesso direto entre a zona de produção e o laboratório, principalmente por causa do transporte de leveduras de uma zona para a outra. Um maior distanciamento poderá implicar riscos de contaminação. Todas as outras tarefas e interações entre a zona laboratorial e a zona produtiva, serão facilitadas pela proximidade uma da outra.

A localização da sala laboratorial, além das razões apontadas, dependeria ainda dos seguintes fatores: acesso ao esgoto, fornecimento e drenagem de água e fornecimento de eletricidade. Todas essas variáveis dependeriam, respetivamente, do sistema de esgotos, canalização de fornecimento e drenagem de água e pontos de fornecimento de eletricidade das futuras instalações da empresa. Dado que não há forma de prever se existirá facilidade ou não de se recorrer a estes pontos, considerou-se em todo caso, fácil acesso a todas estas utilidades. Relativamente ao

aproveitamento da luz solar, é uma questão que só poderá ser debatida quando for conhecido o espaço destinado à instalação laboratorial.

4.1.1 Planta do Laboratório

Para projetar o laboratório cervejeiro, considerou-se uma sala de 25 m². A Figura 14 mostra a planta do laboratório a projetar com os seguintes compartimentos: zona de manipulação (A) e zona de limpeza e esterilização do material laboratorial (B). Cada compartimento tem uma área de 12,5 m².

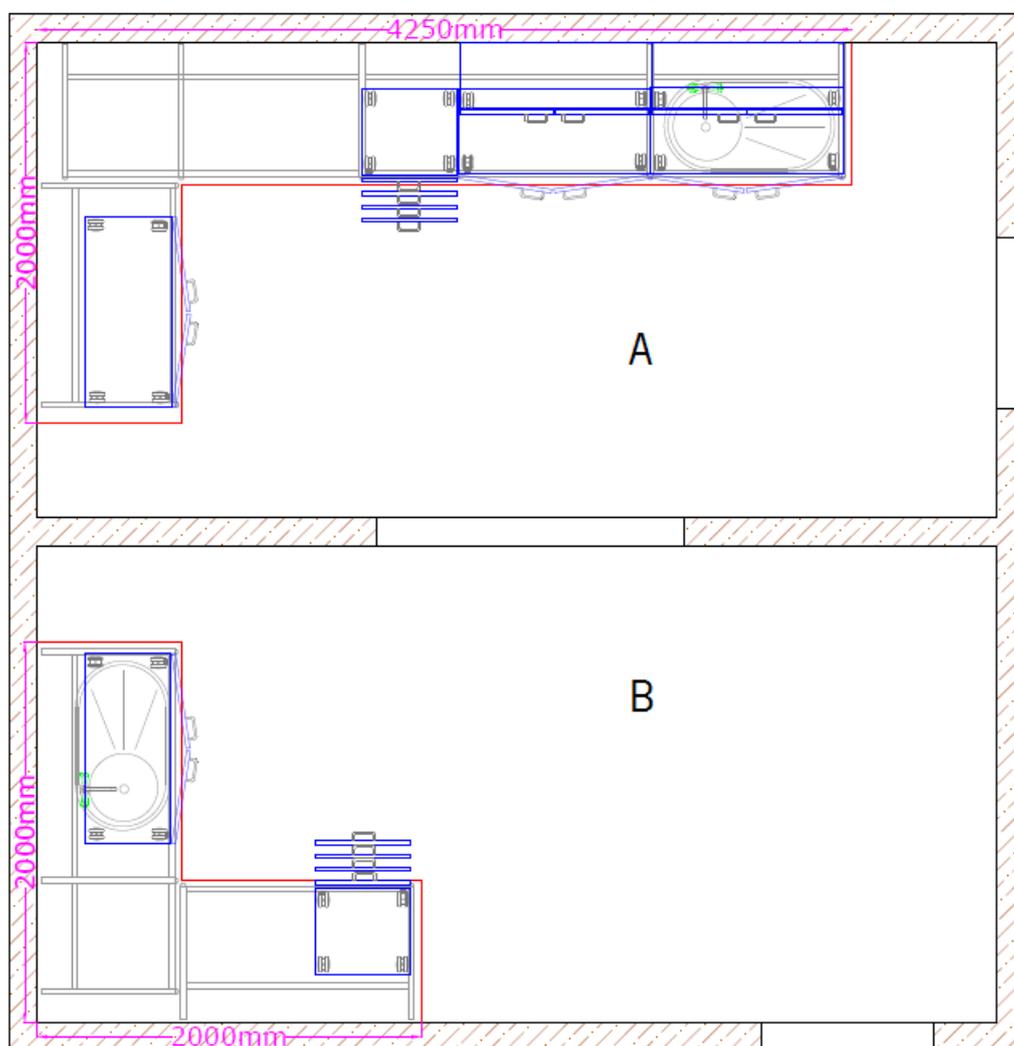


Figura 14 – Planta do laboratório cervejeiro (A – zona de manipulação; B – zona de limpeza e esterilização do material laboratorial).

Relativamente ao compartimento A, pretende-se que tenha uma porta de ligação com a zona de produção, tal como referido em 4.1. O acesso a A poderá ser feito através de B, por intermédio de uma porta que divide a sala. Pretendeu-se separar estas duas zonas pois o material usado

poderá contaminar o ambiente de manipulação. O compartimento B possui também uma zona de entrada, tal como ilustra a Figura 14. A zona de manipulação servirá para desempenhar as funções do laboratório cervejeiro, enumeradas no capítulo 3. A zona de limpeza e esterilização, por sua vez, permitirá limpeza e esterilização dos materiais usados na zona A, recorrendo-se a equipamentos especializados para essa função.

4.1.2 Materiais de Construção e Utilidades

A remodelação do espaço destinado ao laboratório contemplaria modificações nas paredes, portas, tetos e pavimentos. Para cada caso, foram estipulados juntamente com a empresa de construção civil, doravante designada de empresa A, os materiais mais eficientes e mais frequentemente usados para a construção de laboratórios. A Tabela 3 lista os materiais a serem usados na construção.

Tabela 3 – Estruturas a remodelar e materiais de construção

Construção	Materiais
Paredes	Fornecimento e colocação de parede em gesso cartonado com duas faces, sistema tipo <i>Pladur</i> , placa dupla BA13 sobre estrutura de montantes em aço galvanizado de 90 mm, distanciados de 40 cm conforme especificações da marca. Incluindo todos os demais trabalhos necessários ao seu perfeito acabamento.
Tetos	Fornecimento e colocação de teto falso em gesso cartonado BA15, tipo <i>Pladur</i> , incluindo isolamento, montantes, fixações, aberturas, tratamento e colocação de massa, tudo conforme especificações da marca, e demais trabalhos necessários ao seu perfeito acabamento.
Pavimentos	Fornecimento e colocação de cerâmico, antiderrapante cor branco mate, com juntas betumadas à cor do material, aplicado sobre base devidamente regularizada; aplicação dos painéis com juntas alinhadas, de acordo com estereotomia a definir em obra, incluindo todos os trabalhos e materiais inerentes e necessários para um perfeito acabamento.
Portas	Portas em alumínio lacado a branco. Caixilharia em alumínio 100 cm por 20 cm.

A mesma empresa ficaria encarregue das instalações elétricas, instalações de pichelaria e das pinturas das paredes e tetos interiores. No que respeita à eletricidade, pretender-se-ia uma instalação com 4 tomadas em cada divisória e 2 aberturas para pontos de luz no teto. A canalização da água, teria que ser instalada em pontos específicos em cada compartimento, de acordo com disposição do mobiliário e das pias. Junto a esses pontos de fornecimento de água, teriam que ser instalados de igual modo tubagens para se efetuar a drenagem para o esgoto. Por fim, relativamente às pinturas, utilizar-se-ia tinta plástica lavável antifúngica nas paredes e tetos interiores.

4.1.3 Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado

A fim de se criar um ambiente propício às funções relacionadas com as análises microbiológicas a desempenhar no laboratório, estabeleceu-se contacto com uma empresa especializada na instalação de um sistema de aquecimento, ventilação e ar condicionado (AVAC), doravante designada de empresa B.

Ainda que a sua localização, ligação e proximidade ao exterior seja uma variável não conhecida, tentou-se averiguar o que seria necessário instalar na zona de manipulação laboratorial, para se efetuar o controlo de temperatura e ventilação do ar, sem que haja adulteração da qualidade do mesmo. De acordo com a empresa B, para não haver contaminação proveniente do exterior ter-se-ia que efetuar uma ventilação, a pressão positiva, que promovesse 5 renovações de ar por hora. A climatização do ambiente dependeria do volume do compartimento em questão, bem como do isolamento e da carga térmica existente no mesmo. Daí a empresa ter aconselhado uma base de climatização de 120 W/m^2 .

Os equipamentos assinalados pela empresa B, adequados para esta instalação seriam os seguintes: ventilador de extração e de recirculação, unidade de tratamento de ar com filtração gravimétrica, *chiller* de 4 tubos, bomba de calor, humidificador, desumidificador, opacímetro e filtros HEPA.

Por sua vez, a empresa A responsável pela construção e remodelação do espaço laboratorial, avançou com uma ideia de se utilizar um ar condicionado topo de gama, com a capacidade de ventilação, humificação/desumificação, purificação do ar, regulação e manutenção eficiente da temperatura do compartimento. Por se tratar de uma solução mais simples, eficaz e mais económica, decidiu-se considerar para o projeto do laboratório cervejeiro a climatização proposta pela empresa A.

4.2 Equipamentos e Utensílios Laboratoriais

4.2.1 Mobiliário

A estruturação do mobiliário visou a instalação de duas bancadas em L, uma em cada compartimento, sendo a bancada da zona de manipulação maior que a da zona de limpeza e esterilização. Ambas as bancadas foram projetadas de modo a incluir uma pia e armários embutidos ao longo da sua extensão. Além da bancada, foi projetado na zona de manipulação um armário superior, que permite maior capacidade de armazenamento do material laboratorial. Todas estas ideias tiveram como base o espaço de trabalho e o volume de material laboratorial a armazenar. Tendo em conta as dimensões de cada compartimento, foram contactadas várias empresas do setor, a fim de se analisar a proposta mais competitiva. A empresa escolhida, designada de empresa C, foi a que apresentou uma proposta mais prática e económica. Desta forma, o mobiliário projetado pela empresa C e as suas dimensões encontram-se na Figura 15 e na Figura 16.

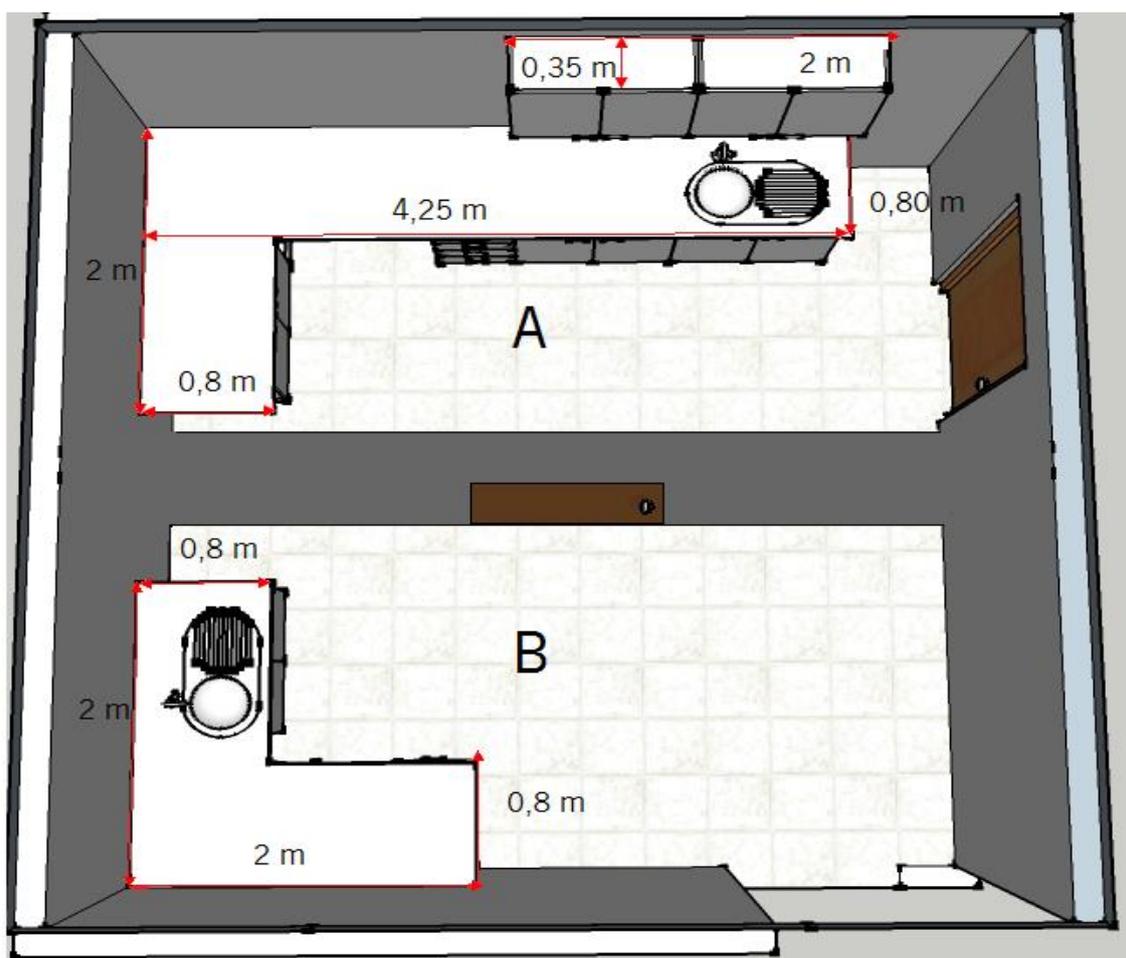


Figura 15 – Planta do mobiliário do laboratório e respetivas dimensões (A – zona de manipulação; B – zona de limpeza e esterilização do material laboratorial).

A representação em 3D dos dois compartimentos laboratoriais, A e B, encontra-se exibida na Figura 16, que dá uma perspetiva de como seriam constituídas na realidade.

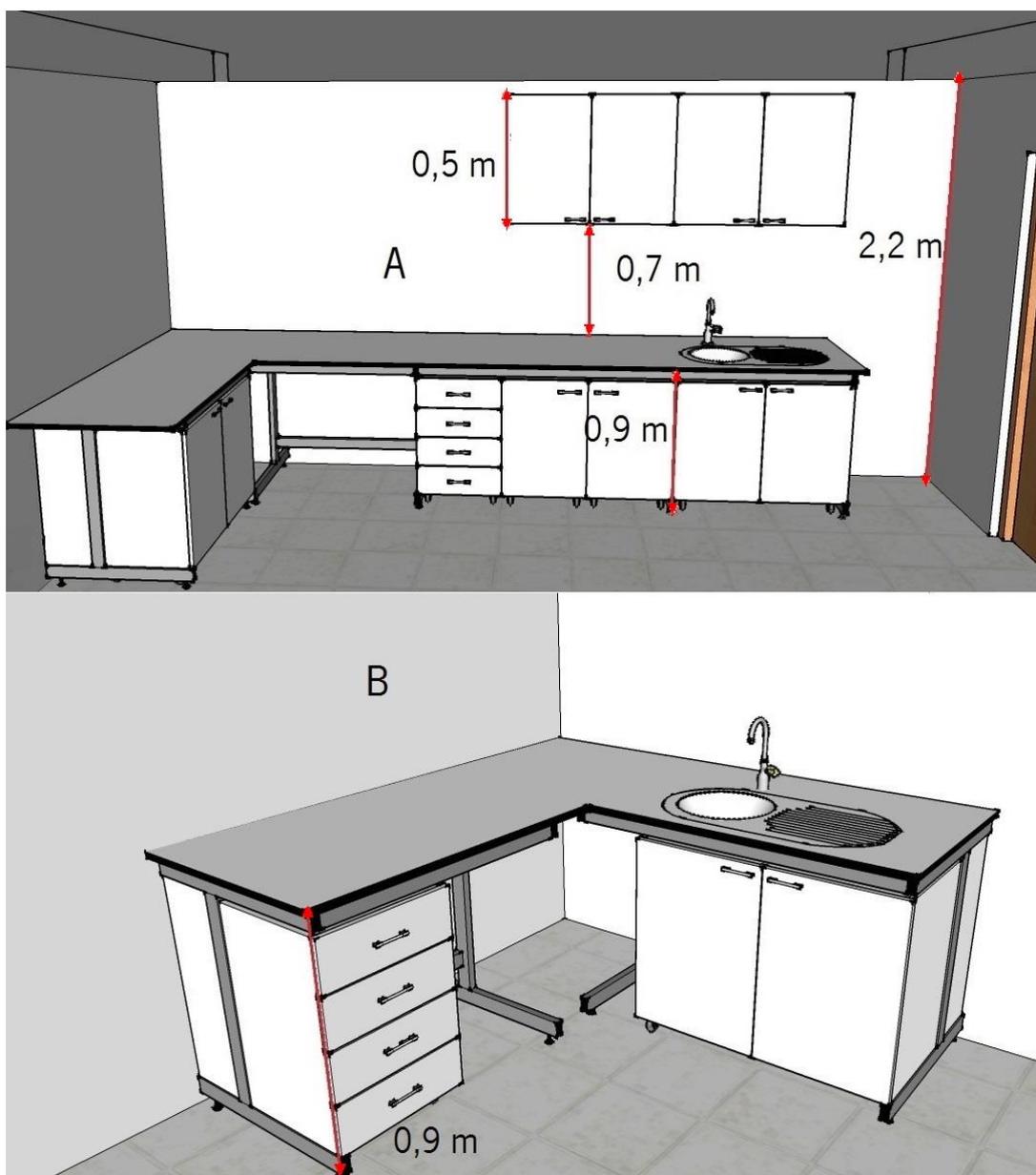


Figura 16 – Representação em 3D do mobiliário do laboratório cervejeiro (A – zona de manipulação; B – zona de limpeza e esterilização do material laboratorial).

As bancadas apresentam, ao longo de toda a sua extensão, uma superfície lisa e resistente aos produtos de limpeza e esterilização. A sua cor branca permite verificar com relativa facilidade a existência de resíduos de sujidade.

Os armários embutidos nas bancadas, bem como os que estão presentes no móvel superior, possuem resistência suficiente face ao peso dos materiais a armazenar. Todas estas propriedades são indicadas para a execução das tarefas a decorrerem no laboratório.

4.2.2 Equipamento e Material Laboratorial

Todo o equipamento e material laboratorial foi escolhido e assinalado de acordo com as atividades a desempenhar no laboratório, propostas no capítulo 3. Na Tabela 4, encontram-se listados todos os equipamentos necessários para a realização de testes microbiológicos, propagação de leveduras, manutenção de culturas e para a esterilização do material usado.

Tabela 4 – Lista de Equipamentos laboratoriais

Produto	Características
Microscópio	Ampliação: 4x, 10x, 40x e 100x
Autoclave	Uniclave 2,24 m (88") de 75 L
Bico de <i>Bunsen</i>	Gás butano-propano
Agitador magnético	Agimicro 21 L
Balança digital	3500 g a 0,01 g
Estufa bacteriológica	19 L
Banho-maria Digital	2 lugares; 5 L
Centrifuga angular	<i>Cencom</i> 6 tubos; 15 mL
Medidor de pH	HI 207-02
Frigorífico Combinado	A ⁺⁺ 226 L / 92 L
Micro-ondas	17 L
Incubadora Shaker	108 L

Para se proceder à listagem de todos os equipamentos e materiais a adquirir, recorreu-se a diversas empresas que vendem e distribuem esses produtos. Para este caso concreto, não foi selecionada apenas uma empresa para se efetuar a projeção, mas sim duas empresas desse meio, designadas de D e E. Tal foi decidido tendo em conta a competitividade de preços a disponibilidade dos mesmos.

Na Tabela 5 encontram-se listados os materiais laboratoriais necessários para desempenhar as distintas tarefas do laboratório.

Tabela 5 – Lista de material laboratorial

Produto	Especificação	Unidades
Câmara <i>Neubauer</i>	Sem pinças	1
Ansa	Cromoníquel 3 mm	10
Suporte de tubos de ensaio	Plástico branco de 60 tubos de 16 mm	2
Tubos ensaio	Vidro borossilicato fundo redondo 16 mm × 160 mm	30
Tubos de ensaio	Vidro; Fundo cônico 16 mm × 160 mm	30
Tampas plástico	Tubos de 16 mm (caixa 100 unidades)	1
Proveta Graduada Plástico	25 mL, 100 mL, 250 ml, 500 mL, 1000 mL	5 × 2
Pipeta graduada	1 mL, 10 mL	2 × 5
Pipeta de <i>Pasteur</i>	Plástico; Caixa com 500 unidades	1
Caixas de <i>Petri</i>	Vidro; Ø = 80 mm, Ø = 60 mm	2 × 15
Rolo <i>Parafilm</i>	38 m × 10 cm	1
Fita indicadora de esterilização	rolo	2
Tubos de <i>Eppendorf</i>	1,5 mL com tampa Embalagem 500 unidades	1
Espátulas aço inox	com colher; 125 mm	2
Lâminas esmeriladas	76 mm × 26 mm embalagem 100 unidades	1
Lamelas	22 mm × 22 mm embalagem 100 unidades	1
Espalhadores para células	Vidro	3
<i>Erlenmeyers</i>	Boca estreita; 100 mL, 500 mL, 1000 mL, 2000 mL	4 × 6
Balão de vidro	Fundo redondo; 1000 mL, 4000 mL, 6000 mL, 10 000 mL	4 × 3
Termómetro	Vidro	2
Pinças	Para termómetro	2
Frascos boca estreita	Vidro; 500 mL	6

5. ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÓMICA DO PROJETO

Este capítulo centra-se na análise económica e financeira do projeto, mostrando todos os custos de investimento iniciais e de manutenção anuais. É averiguada a relação custo-benefício da projeção e são estudados os Fluxos Financeiros ao longo de 10 anos. Posteriormente, apresentam-se os valores dos indicadores de viabilidade económica obtidos, seguindo-se a sua análise e discussão.

5.1 Custos

Para o projeto do laboratório da Cerveja com História, Lda., a procura de todos os equipamentos e materiais necessários ao seu funcionamento teve sempre como base materiais de qualidade, eficientes e económicos, recorrendo-se apenas ao essencial. Todas as empresas contactadas e envolvidas neste estudo forneceram orçamentos, sendo esses por sua vez verificados e comparados entre si, a fim de se avaliar os preços mais competitivos e pertinentes para o projeto. Defina-se para custos de investimento inicial a variável C_i e para custos anuais a variável C_a .

5.1.1 Construção

Os custos de construção dos compartimentos laboratoriais foram obtidos através do orçamento fornecido pela empresa A, empresa de construção civil. Todos esses custos encontram-se na Tabela 6. Associado a cada trabalho, estão incluídos os custos de mão-de-obra e das deslocações.

Tabela 6 – Custos de investimento inicial (C_i) de materiais de construção

Construção	C_i /€
Paredes	1 956,42
Tetos	694,25
Pavimentos	1 071,75
Portas	2 294,27
Pinturas	587,75
Instalações Elétricas	3 018,75
Instalações de Pichelaria	2 233,88
Total	14 584,20

5.1.2 Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado

Resultado da avaliação do preço mais competitivo, a empresa A forneceu o orçamento mais pertinente no que respeita à climatização. O custo de aquisição e de instalação do ar condicionado é de 3 416,02 €.

5.1.3 Equipamentos e Utensílios Laboratoriais

O orçamento do mobiliário fornecido pela empresa C contempla a aquisição, transporte e instalação de todo o material. O custo total seria 4 630,95 €.

Relativamente aos custos dos equipamentos e materiais laboratoriais, recorreu-se às empresas D e E, que conjuntamente ofereceram preços mais competitivos e uma maior possibilidade de escolhas. Os custos dos equipamentos encontram-se listados na Tabela 7.

Tabela 7 – Custos de investimento inicial (C_i) dos equipamentos laboratoriais

Produto	C_i /€
Microscópio	690,03
Autoclave	4 182,00
Bico de <i>Bunsen</i>	27,06
Agitador magnético	215,25
Balança digital	362,85
Estufa bacteriológica	996,30
Banho-maria Digital	410,82
Centrifuga angular	404,67
Medidor de pH	298,89
Frigorífico Combinado	499,00
Micro-ondas	49,00
Incubadora Shaker	3 677,70
Total	11 813,57

É de salientar que o custo do frigorífico combinado e o custo do micro-ondas foram obtidos consultando o catálogo de preços de grandes superfícies comerciais. Por sua vez, os preços dos

materiais de laboratório a adquirir encontram-se na Tabela 8. Tendo em conta que o material laboratorial se desgasta ao longo do tempo devido ao seu uso, considerou-se uma taxa de renovação anual de 15 %. Assim sendo, são contabilizados 147,00 € para a manutenção anual do material.

Tabela 8 – Custo de investimento inicial (C_i) dos materiais laboratoriais

Produto	C_i /€
Câmara <i>Neubauer</i>	31,98
Ansa	4,67
Suporte de tubos de ensaio	10,70
Tubos ensaio (borossilicato)	5,17
Tubos de ensaio (fundo cónico)	20,66
Tampas plástico	24,60
Proveta Graduada Plástico	85,39
Pipeta graduada	11,69
Pipeta de <i>Pasteur</i>	12,30
Caixas de <i>Petri</i>	26,75
Rolo <i>Parafilm</i>	28,29
Fita indicadora de esterilização	9,84
Tubos de <i>Eppendorf</i>	6,15
Espátulas aço inox	5,17
Lâminas esmeriladas	2,71
Lamelas	1,35
Espalhadores para células	14,76
<i>Erlenmeyers</i>	101,48
Balão de vidro	533,21
Termómetro	5,29
Pinças	20,91
Frascos boca estreita	16,97
Total	980,03

5.2 Custos Totais e Benefícios

Na Tabela 9 encontram-se resumidos todos os custos de investimento inicial e os custos de manutenção anuais.

Tabela 9 – Custos totais de investimento iniciais (C_i) e custos de manutenção anuais (C_a)

Descrição	C_i /€	C_a /€
Construção	14 584,20	-
AVAC	3 416,02	-
Mobiliário	4 630,95	-
Equipamento laboratorial	11 813,57	-
Material laboratorial	980,03	147,00
Total	35 424,76	147,00

De acordo com os dados fornecidos pela Cerveja com História Lda., o gasto anual em leveduras roda em média os 2 000,00 €. Além disso, a empresa gasta ainda, anualmente, cerca de 600,00 € em testes microbiológicos. Desta forma, a aquisição de um laboratório possibilitará não só a reutilização das leveduras como também permitirá realização de testes microbiológicos na própria empresa. A poupança anual de 2 600,00 € constitui o principal benefício na implementação deste projeto.

5.3 Fluxos Financeiros e Balanço Total

De acordo com o método de avaliação de viabilidade económica do projeto, foram estudados para um período de 10 anos os Fluxos Financeiros e o Balanço Total. A representação gráfica de cada um encontra-se, respetivamente, na Figura 17 e na Figura 18.

Para a aplicação destes métodos recorreu-se à utilização de um conjunto de taxas, nomeadamente à taxa de imposto, taxa de interesse, taxa de inflação e à taxa anual de crescimento da empresa. A taxa de imposto sobre os rendimentos obtidos, designada por IRC, é de 21 % sendo estipulada pela Autoridade Tributária Aduaneira. Por sua vez, a taxa de interesse, é a taxa mínima de atratividade exigida por quem investe num projeto. Definiu-se esta em 10 %. A taxa de inflação

utilizada, resultou de uma média efetuada dos últimos 6 anos, sendo 1,504 %. A Cerveja com História Lda., baseando-se nos seus registos contabilísticos de anos anteriores, estimou uma taxa de crescimento anual de 25 %. Tal significará para este estudo que seus os gastos e ganhos relativos ao uso do laboratório vão aumentar de acordo com o crescimento anual da própria empresa.

Os Fluxos Financeiros e os Balanços Totais ao qual foi aplicada a taxa de interesse de 10 %, designam-se, respetivamente, por Fluxos Financeiros atualizados e Balanços Totais atualizados.

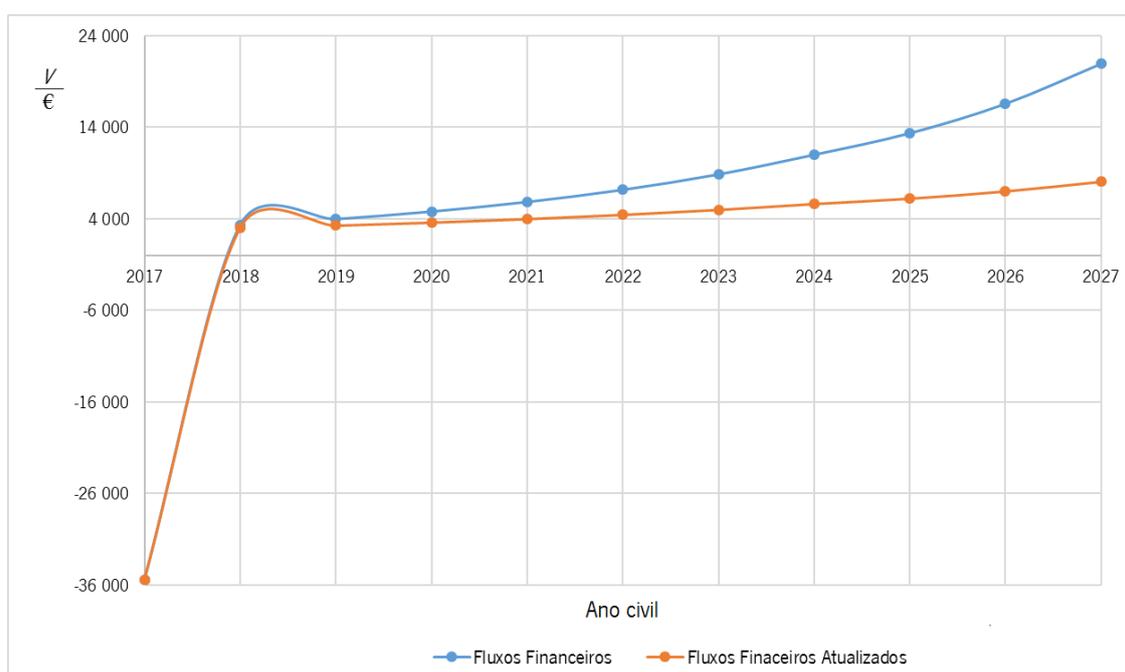


Figura 17 – Valor (V) dos Fluxos Financeiros ao longo dos 10 anos de investimento.

Através da análise do gráfico da Figura 17, é possível averiguar que os Fluxos Financeiros não atualizados vão aumentando ao longo do período considerado, atingindo um máximo de 20 930,65 €. A diferença entre os benefícios económicos e os custos associados, ao longo dos 10 anos, mostra que os Fluxos Financeiros, à exceção de 2017, são sempre positivos. O mesmo acontece para os Fluxos Financeiros atualizados, porém atingem um máximo 8 069,68 €. O investimento inicial seria efetuado em 2017 para ambos os casos, ano zero, e por essa razão seriam negativos.

Por sua vez, os Balanços Totais de cada ano, resultam da soma de todos os Fluxos Financeiros do mesmo ano. O Balanço Total atualizado ao longo dos 10 anos, mantém-se negativo desde ano do investimento até 2025, tal como é visível na Figura 18. Atinge valores positivos em 2026 que vão aumentando até 2027, chegando a um máximo de 14 877,44 €. Os Balanços Totais não

atualizados exibem um comportamento semelhante, porém atingem valores positivos em 2024, obtendo-se em 2027 um máximo de 60 361,88 €.

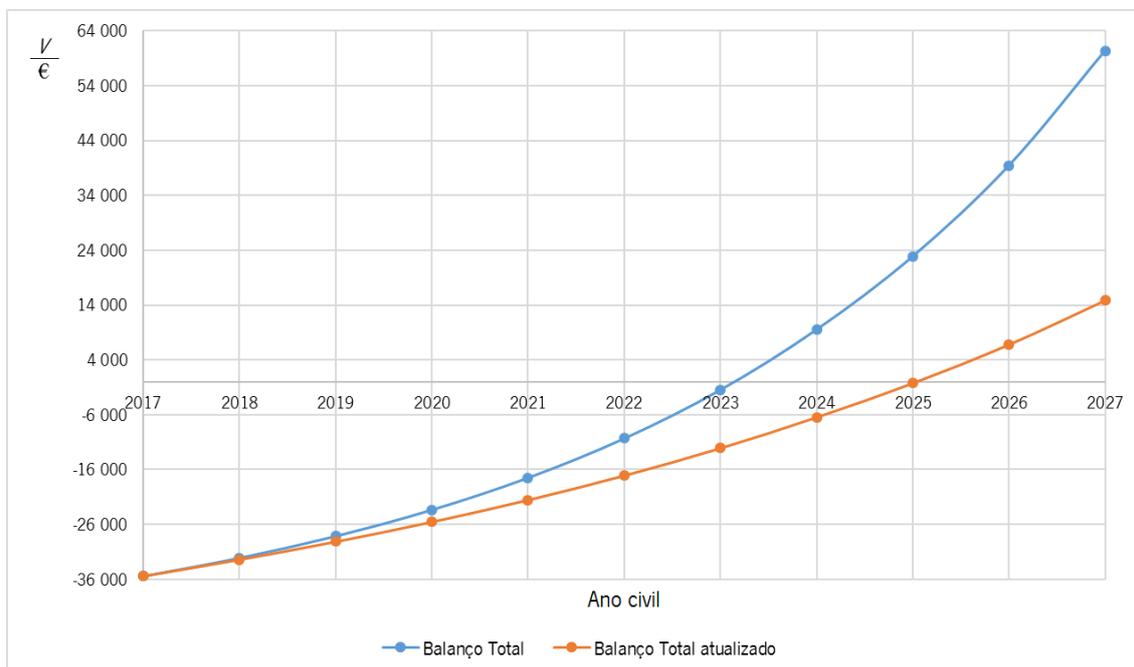


Figura 18 – Valor (V) dos Balanços Totais ao longo dos 10 anos de investimento.

O período de retorno real de todo o investimento efetuado é determinado quando os Balanços Totais atualizados atingem valor nulo. O período que decorre desde o ano 0 até esse momento, corresponde ao Tempo de Recuperação.

5.4 Indicadores de Viabilidade Económica

Os indicadores de viabilidade económica do projeto foram calculados usando as equações presentes no subcapítulo 2.6. A Tabela 10 mostra o Valor Atual Líquido (VAL_{10} e VAL_{17}) obtido, aplicando uma taxa de atualização de 10 % e 17 %.

Tabela 10 – VAL para taxas de atualização de 10 % e 17 %

Indicador	
VAL_{10}	14 877,44 €
VAL_{17}	- 1 006,07 €

Na Tabela 11, encontra-se a Taxa Interna de Rentabilidade obtida e o Tempo de Recuperação calculado, quer na sua forma atualizada com aplicação da taxa de interesse de 10 %, quer na sua forma simplificada sem aplicação de taxa mínima de atratividade.

De acordo com os valores de *VAL* obtidos, presentes na Tabela 10, a utilização de uma taxa de atualização de 10 % torna o projeto viável, uma vez que o *VAL* nessas condições é superior a zero. Tal significa que o investimento permitirá a obtenção de fluxos de caixa para se recuperar o valor investido, com remuneração capital a uma taxa de rentabilidade superior à exigida pelo promotor do investimento. Para uma taxa de atualização de 17 %, o *VAL* assume um valor negativo, o que significa que o investimento não gera fluxos de caixa que possibilitem a recuperação do montante investido, ou seja, o projeto nessa condição torna-se inviável. Esta discrepância entre os Valores Atuais Líquidos revela uma grande sensibilidade deste método face às taxas de atualização.

Tabela 11 – Taxa Interna de Rentabilidade (*TIR*) e Tempo de recuperação (*TR*)

Indicador	Resultado
<i>TIR</i>	16 %
<i>TR</i> (simples)	6,13 anos
<i>TR</i> (atualizado)	8,03 anos

A Taxa Interna de Rentabilidade obtida situa-se acima da taxa de atualização de 10 % e abaixo de 17 %. Recorrendo-se à taxa mínima de atratividade de 10 % o projeto apresenta viabilidade, dado que o investimento remunera os capitais a uma taxa superior relativamente à do custo de oportunidade do capital. Tal não acontece para a taxa de 17 %, pois o investimento remunera os capitais a uma taxa inferior à do custo de oportunidade do capital. Para uma taxa de interesse de 10 %, o Tempo de Recuperação é cerca de 8 anos. Por essa razão trata-se de um investimento a longo prazo.

6. CONCLUSÕES

O Projeto do laboratório na Cerveja com História Lda. teve como objetivos principais a reutilização de leveduras e diminuição dos custos associados à sua aquisição. A poupança desse recurso constitui o principal benefício para a implementação do projeto. A possibilidade de se efetuar também análises microbiológicas na própria empresa bem como testes do controlo de qualidade das leveduras, constituiu outro benefício e permite maior qualidade e segurança alimentar. Todas as tarefas identificadas a realizar no laboratório visam permitir atingir todos os objetivos exigidos pela empresa. A hipótese de se propagar laboratorialmente as leveduras por subcultura sucessiva em mosto estéril, apresenta fácil aplicação, resultados satisfatórios e um custo reduzido. Todos os protocolos e procedimentos experimentais para a realização destas tarefas, em conformidade com a empresa, terão que ser antecipadamente definidos pelos técnicos responsáveis pelo laboratório cervejeiro.

No estudo realizado inclui-se os materiais de construção, plantas dos compartimentos, climatização, mobiliário, listagem dos equipamentos e materiais laboratoriais necessários para se desempenhar todas as tarefas estipuladas. Todos esses materiais e utensílios foram escolhidos tendo em conta o seu preço, adequabilidade, eficiência e qualidade. Foram listados todos os custos envolvidos e determinado o investimento inicial necessário. De modo verificar a viabilidade de implementação deste projeto, foram determinados os Fluxos Financeiros ao longo de 10 anos e determinados os indicadores de viabilidade económica: *VAL*, *TIR* e o *TR*. De acordo com os resultados obtidos, o projeto é viável para uma taxa mínima de atratividade de 10 %, não o sendo para 17 %. Por essa razão, a taxa de interesse terá que ser previamente avaliada, pois representa ou o montante mínimo que o investidor do projeto se propõe a ganhar ou o valor máximo que a empresa se propõe a pagar para o seu financiamento.

Para uma taxa de atualização de 10 %, o projeto é viável, sendo um investimento a longo prazo com um tempo de recuperação de aproximadamente 8 anos. Todos os custos apresentados poderão sofrer alterações, dado que não são conhecidas as estruturas e condições do local de implementação do laboratório. Ainda assim, a construção e montagem do laboratório cervejeiro proporcionará vantagens tanto a nível de qualidade e segurança alimentar como a nível económico, pois as várias tarefas laboratoriais a serem desempenhadas na própria empresa, constituem benefícios e mais-valias para a implementação do projeto.

Bibliografia

- Abecassis, F., & Cabral, N. (2000). *Análise Económica e Financeira de Projetos*. Portugal: Fundação Calouste Gulbenkian.
- Andrews, B. J., & Gilliland, R. B. (1952). Super-attenuation of Beer: A Study of Three Organisms Capable of Causing Abnormal Attenuations. *Journal of the Institute of Brewing*, 58: 189–196.
- Anger, H., & Kruger, E. (1990). *Hefe*, In *Kennzahlen zur Betriebskontrolle und Qualitätsbeschreibung in der Brauwirtschaft*, Behr's Verlag. Hamburg.
- APCV. (2016). *Associação Portuguesa dos Produtores de Cerveja: A História da Cerveja em Portugal*. Obtido em 25 de Agosto de 2016, de <http://www.apcv.pt/pdfs/4.Portugal.pdf>
- Bamforth, C. W. (2009). *Brewmaster's Art: The History And Science Of Beermaking*. USA: Recorded Books.
- Brewers Association*. (2016). Obtido em 26 de Agosto de 2016, de <https://www.brewersassociation.org/resources/craftbeer-com/beer-and-food-course/>
- Briggs, D. E., Boulton, C. A., Brookes, P. A., & Stevens, R. (2004). *Brewing Science and Practice*. England: Woodhead Publishing Limited.
- Camacho, A., & Rosa, J. T. (1989). *Manual para a preparação de Estudos de Viabilidade Industrial*. Portugal: Publicações D. Quixote.
- Couto, G., Porfírio, J., & Lopes, M. (2004). *Avaliação de Projetos: Da Análise Tradicional às Opções Reais*. Publisher Team.
- Dragone, G., Mussato, I., Nogueira, Á., & Silva, J. (2008). Review: Beer Production: Spoilage Microorganisms and Detection Methods. *Brazilian Journal of Food Technology*, 10: 240–249.
- Esslinger, H. M. (2009). *Handbook of Brewing Processes, Technology, Markets*. Germany: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.
- Frank, R., & Bernanke, B. (2004). *Princípios de Economia*. McGraw-Hill.
- Gibson, B. R., Prescott, K. A., & Smart, K. A. (2008). *Petite Mutation in Aged and Oxidatively Stressed Ale and Lager Brewing Yeast*, *Letters in Applied Microbiology*, 46: 636–642.
- Giovenzana, V., Beghi, R., & Guidetti, R. (2014). Rapid evaluation of craft beer quality during fermentation. *Journal of Food Engineering*.
- Goldammer, T. (2008). *The Handbook of Brewing - The Complete Book to Brewing Beer*. USA.
- Gumus, T., Arici, M., & Demirci, M. (2004). A Survey of Barley, Malt and Beer Contamination. *Journal of the Institute of Brewing*, 110: 146–149
- Hornsey, I. S. (2013). *A History of beer and Brewing*. UK: The Royal Society of Chemistry.
- Hough, J. S. (1990). *Malting and brewing science: hopped wort and beer*. Springer.
- Kendall, N. T. (1995). *Chapter 6: Barley and Malt*, In *Handbook of Brewing (Hardwick, A. W.)*, Marcel Decker, Inc., New York.

- Kiefer, D. M. (2001). Today's Chemist at Work, Brewing: A Legacy of Ancient Times. Obtido em 25 de Agosto de 2016, de <http://pubs.acs.org/subscribe/archive/tcaw/10/i12/html/12chemchron.html>
- Kleban, J., & Nickerson, I. (2011). *The U.S. Craft Brew Industry*. Florida, USA: Allied Academies International Conference.
- Kuřec, M., Baszczyński, M., Lehnert, R., Mota, A., Teixeira, J., & Brányik, T. (2009). Flow Cytometry for Age Assessment of a Yeast Population and its Applications in Beer Fermentations. *Journal of the Institute of Brewing*, 115: 253–258.
- Lewis, M. J., & Young, T. W. (1995). *Brewing*, Chapman & Hall. London, UK.
- Lodolo, E. J., Kock, J. F., Axcell, B. C., & Brooks, M. (2008). *The Yeast Saccharomyces cerevisiae- The Main Character in Beer Brewing*. FEMS Yeast Research, 8: 1018–1036
- Marques, A. (2000). *Concepção e Análise de Projetos de Investimento*. Portugal: Edições Sílabo.
- Matos, R. (2011). *Cerveja: Panorama do Mercado, Produção Artesanal e Avaliação de Aceitação e Preferência*. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- Meussdoerffer, F. G. (2009). *Chapter 1: A Comprehensive History of Beer Brewing in Handbook of Brewing: Processes, Technology, Markets*. (H. M. EBlinger, Ed.) Germany: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.
- Moreira, J. A. (1999). *Análise Financeira de Empresa da teoria à prática*. Portugal: Associação da Bolsa de Derivados do Porto.
- Munroe, J. H. (2006). *Chapter 13: Aging and Finishing, In Handbook of Brewing (Stewart, G. G. e Priest, F. G.)* (Second Edition ed.). USA: CRC PRESS.
- Palmer, J. (2006). *How to Brew*. Paperback Edition | Kindle Edition | iBooks Edition.
- Paquete, M. (2013). *A Cerveja no Mundo e em Portugal, História, Hábitos de Bebida e Gastronomia*. Portugal: Colares Editora.
- Pellettieri, M. (2015). *Quality Management - Essential Planning for Breweries*. USA: Brewers Publications.
- Pires, E. J., Teixeira, J. A., Brányik, T., & Vicente, A. A. (2014). *Yeast: the soul of beer's aroma-a review of flavour-active esters and higher alcohols produced by the brewing yeast. Applied microbiology and biotechnology*.
- Powell, C. D., Quain, D. E., & Smart, K. A. (2003). *The Impact of Yeast Cell Age on Fermentation Performance, Attenuation and Flocculation*. FEMS Yeast Research, 3: 149–157.
- Priest, F., & Stewart, G. (2006). *Handbook of Brewing*. USA: Taylor & Francis Group.
- Rehberger, A. J., & Luther, G. E. (1995). *Chapter 12: Brewing, In Handbook of Brewing (Hardwick, A. W.), Marcel Decker, Inc.* New York, USA.
- Rodrigues, P. (2003). *Desenvolvimento de Métodos Electroanalíticos para a Determinação de Biomarcadores. Diacetilo e Vitalidade de Levedura em Indústria Cervejeira e Metalotioneínas em Estudos Ambientais. Tese de Doutoramento em Química*. Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Portugal.
- Roldão, V. S. (2005). *Gestão de Projetos, Abordagem Instrumental ao Planeamento, Organização e Controlo*. Portugal: Edições Monitor.

- SCC. (2016). *História*. Obtido em 25 de Agosto de 2016, de <http://www.centralcervejas.pt/pt/sobrenos/historia.aspx>
- Silva, E. S. (2012). *Gestão Financeira, Análise de Fluxos Financeiros*. Edições Vida Económica. Portugal: Editorial SA.
- Suzuki, K. (2011). 125th Anniversary Review: Microbiological Instability of Beer Caused by Spoilage Bacteria. *The Journal of the Institute of Brewing*, 117: 131–155.
- Teixeira, J., & Cruz, J. (2014). *Produção de cerveja*. In: J. Teixeira, J. Vasconcelos, A. Vicente, M. J. Vieira (Eds) *Reatores Biológicos Fundamentos e Aplicações*. Lidel - Edições Técnicas Lda.
- The Brewers of Europe*. (2016). Obtido em 26 de Agosto de 2016, de http://www.brewersofeurope.org/site/beer/index.php?doc_id=472
- Unicer. (2016). Uma História de mais um Século. Obtido em 25 de Agosto de 2016, de <http://www.unicer.pt/pt/home-pt/unicer/historia>
- White, C., & Zainasheff, J. (2012). *Yeast - The Practical Guide to Beer Fermentation*. USA: Brewers Publication.
- Wilson, R. G., & Gourvish. (1993). *The production and consumption of alcoholic beverages in Western Europe, in Alcoholic Beverages and European Society*. Amsterdam: The Amsterdam Group.
- Wolf-Hall, E. C., & Schwarz, B. P. (2002). *Mycotoxins and Fermentation, Advances in Experimental Medicine and Biology*. USA: Springer US.
- Wunderlich, S., & Back, W. (2009). *Chapter 1 - Overview of manufacturing beer: Ingredients, processes, and quality criteria*. *Beer in Health and Disease Prevention*. V. R. Preedy. San Diego.
- Young, & Ernest. (1994). *Manual do Gestor, Guia Prático para uma Gestão de Sucesso, The Manager's Handbook*. Portugal: Edições Verbo.