



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA RURAL
CURSO DE BACHARELADO EM GASTRONOMIA

Andrey Nascimento Arnaut

**DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DE PÃO DE
FERMENTAÇÃO NATURAL ENRIQUECIDO COM
FARINHA DE BAGAÇO DE MALTE**

RECIFE – PE

Janeiro de 2019

ANDREY NASCIMENTO ARNAUT

**DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DE PÃO DE
FERMENTAÇÃO NATURAL ENRIQUECIDO COM FARINHA DE
BAGAÇO DE MALTE**

Relatório de Estágio Supervisionado
Obrigatório apresentado Coordenação do
Curso de Bacharelado em Gastronomia da
Universidade Federal Rural de Pernambuco,
como parte dos requisitos para obtenção do
título de Bacharel em Gastronomia.

Orientador: Prof. Dr. Leonardo Pereira de Siqueira

Supervisora: Profa. Dra. Amanda de Moraes Oliveira Siqueira

RECIFE-PE

Janeiro de 2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil

A745d Arnaut, Andrey Nascimento.
Desenvolvimento e avaliação de pão de fermentação natural enriquecido com farinha de bagaço de malte / Andrey Nascimento Arnaut. – Recife, 2019.
56 f.: il.

Orientador(a): Leonardo Pereira de Siqueira.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Tecnologia Rural, Recife, BR-PE, 2019.
Inclui referências e apêndice(s).

1. Panificação 2. Fermentação 3. Malte – Subprodutos 4. Pão – Análise 5. Tecnologia de alimentos I. Siqueira, Leonardo Pereira de, orient. II. Título

CDD 641.013

ANDREY NASCIMENTO ARNAUT

**DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DE PÃO DE
FERMENTAÇÃO NATURAL ENRIQUECIDO COM FARINHA DE
BAGAÇO DE MALTE**

Relatório de Estágio Supervisionado Obrigatório apresentado à Coordenação do Curso de Bacharelado em Gastronomia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Gastronomia.

Data:

Resultado:

Banca Examinadora

Prof. Dr. Leonardo Pereira de Siqueira (orientador)

Profa. Dra. Amanda de Moraes Oliveira Siqueira (supervisora)

Prof. Me. Caio Monteiro Veríssimo

RECIFE-PE

Janeiro de 2019

RESUMO

O pão é consumido diariamente desde os princípios da civilização humana. Apesar do desenvolvimento de tecnologia, a antiga técnica de fermentação natural é atual tendência de mercado por produzir melhores pães, sobretudo pelo sabor e vida de prateleira. Para enriquecimento de pães com fibras, minerais e proteínas, estudos exploraram o Bagaço de Malte, oriundo da produção de cerveja. O objetivo deste trabalho foi produzir pães de fermentação natural, enriquecidos com 5%, 10% e 15% de bagaço de malte e avaliá-los física e sensorialmente. O bagaço de malte obtido foi seco em estufa e moído, com perda de 72% de massa. Na Análise Física, a altura e volume específico diminuem conforme se aumenta o percentual de bagaço. Na Análise Sensorial, Sabor Ácido, Sabor Global, Aroma Global e Textura do Miolo não apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$). A Cor da Casca teve melhor avaliação no pão a 10% de malte. A Cor do Miolo apresentou diferença significativa apenas para o pão a 5% de malte, com as outras duas formulações mais bem avaliadas. A Textura da Casca também foi mais bem avaliada no pão a 10% de malte. Os escores de Aceitação e Intenção de compra não foram significativamente diferentes ($p < 0,05$). Na Análise de Penalidades, o Sabor Global foi o atributo que causou impacto negativo na aceitação de todos os produtos, associado ao Sabor Ácido, característico de pães de fermentação natural. Além do Sabor, o pão com 5% de malte foi penalizado pela Textura e Cor do Miolo. A formulação com 10%, pela Textura e Cor da Casca. O pão com 15% de malte, pela Textura e Cor do Miolo e da Casca. O único atributo a não penalizar os produtos foi o Aroma Global.

Palavras-Chaves: Panificação, *Levain*, Subproduto de cervejaria, Análise de Penalidades.

SUMÁRIO

1.	Introdução.....	7
2.	Revisão de Literatura.....	9
2.1.	Pão e História.....	9
2.2.	Produção de Pães, matéria prima e qualidade.....	10
2.2.1.	Farinha de Trigo.....	11
2.2.2.	Água.....	12
2.2.3.	Sal.....	12
2.2.4.	Fermento Biológico Comercial.....	13
2.2.5.	Etapas de Produção.....	13
2.3.	Fermentação Natural.....	16
2.4.	Indústria Cervejeira no Brasil.....	18
2.5.	Subprodutos da produção de cerveja e potenciais aplicações.....	20
2.6.	Caracterização do bagaço de malte e aplicação em alimentos.....	24
3.	Objetivos.....	29
4.	Materiais e Métodos.....	30
5.	Resultados e Discussão.....	36
5.1.	Pesquisa de Consumo e Destinação de Bagaço de Malte.....	36
5.2.	Farinha de Malte.....	37
5.3.	Análise Física dos Pães.....	37
5.4.	Análise Sensorial.....	39
5.5.	Análise de Penalidades.....	44
6.	Conclusões.....	51
	Referências.....	52
	Apêndice I.....	56
	Apêndice II.....	57

1. Introdução

No Brasil, 76% da população come pão no café da manhã, 98% da população consome produtos panificados e 56% de todo consumo é de pão francês ou de sal, o que perfaz um consumo anual de 22,61kg de pão por habitante por ano no país (ABIP, 2018). No entanto, a qualidade do pão francês nas padarias das capitais brasileiras deixa a desejar: em média apenas 48,4% dos requisitos de qualidade avaliados são atingidos, alcançando apenas a classificação “regular”. Das padarias avaliadas, 97,9% foram classificadas como “bom” e “regular”, o que mostra que todo o setor, que responde por 36% da indústria de alimentação, com 63,2 mil estabelecimentos, carece de intervenções para melhoria da qualidade do pão, em especial nos atributos de cor da crosta, pestana, crocância, estrutura e aspecto da crosta (SEBRAE, 2017). Dos 13 atributos analisados, apenas textura e resiliência foram classificados como “bom” (ABIP; ITCP; SEBRAE, 2015).

Há diversas técnicas de fermentação de massa panificada, sendo a mais popular a utilização direta de leveduras da espécie *Saccharomyces cerevisiae*, conhecido como fermento biológico comercial. Outras formas incluem pré-fermentos como biga, *poolish* e *pâte-fermentée*. A mais antiga conhecida é a fermentação natural (em inglês, *sourdough*; no francês, *levain*), que é tendência de mercado, e tem ganhado espaço e valorização, isto devido à reconhecida melhoria nos atributos de qualidade, em especial ao sabor, aroma, textura e vida de prateleira estendida (ABIP, 2018). A técnica consiste, basicamente, da utilização de uma fração de massa de pão já fermentada como veículo de inoculação de leveduras e bactérias lácticas variadas, em um novo preparo, de 10% a 40% do peso de farinha (APLEVICZ, 2013).

Para além dos atributos de qualidade sensorial, no que tange a saúde pública, estudos como o de Mattos e Martins (2000) apontam que a maioria dos alimentos consumidos por brasileiros contém baixo teor de fibras alimentares (menor que 2,4g a cada 100g de alimento), como é o caso do pão francês, habitualmente consumido no desjejum. Dados como este são especialmente preocupantes pois o consumo de fibras está associado à prevenção de Doenças Crônicas não-Transmissíveis (DCNTs), como a obesidade, o câncer e o diabetes. No processo digestório, as fibras não sofrem ação das enzimas estomacais e intestinais, chegando ao intestino grosso sem degradação significativa, promovendo melhor trânsito intestinal, e no cólon servem de substrato para a microbiota local (SILVA *et al.*, 2016).

Um ingrediente de alto teor de fibras, baixíssimo custo e subutilizado na alimentação humana é o bagaço de malte de cevada, oriundo da produção de cerveja.

Para cada hectolitro da bebida produzida, se tem de 14 a 20kg de bagaço, que possui baixo valor agregado, com destino mais comum sendo a alimentação animal (MATHIAS, MELLO ; SERVULO, 2014). Além do alto conteúdo de fibras alimentares, o bagaço de malte também veicula proteínas e minerais, e sua aplicação em produtos panificáveis foi estudada para algumas formulações, mas ainda é incipiente (LYNCH *et al*, 2016).

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi desenvolver um produto panificável (pão) com reaproveitamento de um subproduto da indústria cervejeira, o bagaço de malte, a fim de aplicá-lo em produto de maior valor agregado, com alto teor de fibras alimentares, além submeter os pães à avaliação sensorial, ferramenta essencial no desenvolvimento de produtos por todos os tipos de empresas de alimentos, que empregam diferentes métodos analíticos de análise sensorial para otimizar seus processos e os atributos do produto, com a finalidade de alcançar um equilíbrio que seja traduzido em excelência de qualidade e aceitabilidade pelo público consumidor (BARBOSA *et al*, 2003).

2. Revisão de Literatura

2.1. Pão e História

O domínio de técnicas de manejo e cultivo de cereais foi fundamental para que o homem primitivo abandonasse a vida nômade e passasse ao modo de vida sedentário, estabelecido em uma localidade. Os vestígios mais antigos conhecidos da agricultura de cereais são de 9000 a.C. no Oriente Médio, onde se cultivava espécies ancestrais de trigo e cevada. Antes disso, os agrupamentos humanos viviam e alimentavam-se principalmente de cereais selvagens, coletados na natureza e processados de maneira rudimentar. Neste sentido, a existência e consumo do pão está intrinsecamente ligado à história e prosperidade da humanidade (VIANNA, 2018). Não se sabe ao certo em que momento da história a fermentação passou a caracterizar os pães, mas se supõe que os primitivos do consumo de trigo na Mesopotâmia e Ásia, aos 8000 a.C. se dava por um tipo de pasta de trigo torrado e moído por pedras, ao qual se adicionava água e era cozido sobre fogo, sem aeração e provavelmente sem desenvolvimento do glúten, o que resultava em produtos secos e com a textura de um biscoito.

No entanto, em um salto de alguns milênios para 1500 a.C., a civilização do Egito Antigo já dominava a fermentação, não apenas pela produção de cerveja, mas também com a produção de pães fermentados, com a reserva de um pedaço da massa levedada no dia anterior para servir de isca. Foi nesse ponto da história também que se desenvolveram os fornos fechados, o que ocasionou um salto na qualidade do produto. Neste tempo, o pão e a cerveja eram dados como alimento para os escravos e utilizados como moeda de troca (FAGUNDES, 2017).

O pão segue permeando toda a história da humanidade. Na Grécia Antiga, sabe-se que houve aperfeiçoamento das técnicas de processamento e moagem do trigo. Acredita-se também que utilizavam panos para peneirar o trigo e manter uma granulometria uniforme e menor, o que também propiciou aumento na qualidade do produto. Segundo Vianna (2018), os fornos eram comunitários e funcionavam por turnos, que propiciou não apenas o desenvolvimento das primeiras técnicas de cortes na superfície do produto, mas também de um profissional que viria a ser o precursor do padeiro, que se estabeleceria apenas no Império Romano, com a produção massiva de farinha de trigo por equipamentos de tração animal. O Império chegou a ter 300 padarias profissionais em 30 a.C. – no entanto, muito deste período se perdeu, visto que na sequente queda de Roma a profissão de padeiro praticamente desaparece, junto com possíveis técnicas e receitas.

Apenas na Idade Média é que volta-se a consumir o pão como conhecido, levedado, e a profissão ressurgiu. O trigo era de consumo da nobreza, enquanto às demais camadas sociais consumia-se pães de centeio, aveia, cevada, que resultavam em produtos mais densos e de cor mais escura. É neste período porém que se começam a modelar as organizações de panificação, com profissionais dedicados ao preparo e ao trabalho em forno. Na França surgiram também as primeiras associações de padeiros e confeitores. Se credita a esta época também o início do enriquecimento dos pães com mel e frutas (VIANNA, 2018).

A Revolução Industrial, ocorrida do século XVIII propiciou o aumento produção de farinha de trigo, o que tornou o produto ainda mais acessível - muito embora as primeiras máquinas de produção de pães datem do século seguinte, o que fazia a produção em escala ser um trabalho braçal de grande esforço. É no século XIX que também surge o forno a gás, as tecnologias de refrigeração e a seleção de variedades de trigo, que permitiram maior controle do processo produtivo, com tendência aos ganhos de qualidade, que se aprofundaram ao longo do século XX e início do XXI, com o desenvolvimento exponencial de maquinário, tecnologias de produção de matérias-primas e sobretudo, pela crescente exigência do mercado consumidor (VIANNA, 2018).

2.2. Produção de Pães, matéria prima e qualidade.

As definições para o pão são diversas, no entanto praticamente de mesmo teor. Legalmente, a Resolução RDC 263/2005 define:

“Produtos obtidos da farinha de trigo e ou outras farinhas, adicionados de líquido, resultantes do processo de fermentação ou não e cocção, podendo conter outros ingredientes, desde que não descaracterizem os produtos. Podem apresentar cobertura, recheio, formato e textura diversos.” (BRASIL, 2005b).

No livro Pão, a autora sintetiza:

“O pão é resultado da cocção de uma mistura de farinha de trigo, água, sal, fermento e, em muitos casos, de outros ingredientes. O processo básico envolve a mistura de ingredientes até que a farinha seja convertida em uma pasta firme ou massa, seguida de um processo de fermentação, sova, modelagem e cocção” (CANELLA-RAWLS, 2005).

Para Kalanty (2012), os pães podem ser classificados em cinco famílias: a pobre ou magra, em que o açúcar e a gordura utilizados são inferiores a 5% do total de farinha

de trigo; macia ou semirrica, entre 5 e 10%; rica, com média de 5% de açúcar e gordura superior a 15%; úmida, com mais de 70% de água e doce, com açúcar entre 11 e 15% e gordura superior a 11%. No entanto, para Vianna (2018), no Brasil a classificação de massa úmida é incorporada pelas massas pobres e as doces se inserem nas massas ricas, ficando com apenas três famílias de pães: pobre, semirrica e rica.

2.2.1. Farinha de Trigo

A panificação utiliza diversos cereais, mas se baseia quase totalmente na farinha de trigo, isto devido à presença das proteínas gliadina e glutenina, que com a adição de água e a ação mecânica, desenvolvem uma malha fibrosa - o glúten, responsável pela elasticidade e extensibilidade característica da massa de pão. A fermentação produz gás carbônico, que fica retido na massa pela ação do glúten (CANELLA-RAWLS, 2005).

A produção de trigo e de sua farinha teve início no Brasil no século XVI, mas devido à necessidade de clima frio para sua prosperidade, passou-se até meados de 1920 para que se implantassem culturas efetivas do cereal, especialmente na região Sul do país, que concentra 90% da produção total de cerca de 6 milhões de toneladas (EMBRAPA, 2001).

O trigo é uma gramínea do gênero *Triticum*, cujo grão possui forma oval, com comprimento entre 4 e 7 milímetros, e pode ser separado em três partes principais: o gérmen, que é o embrião; o pericarpo, que consiste das cascas e o endosperma, onde se concentra a reserva de amido. A farinha de trigo branca, refinada, é constituída apenas do endosperma.

A farinha de trigo deve ser branca, com tons leves de amarelo, marrom ou cinza, conforme o trigo de origem, e se apresentar limpa, seca, e isenta de odores e sabores estranhos ou impróprios ao produto. É obrigatório que a cada 100 gramas de farinha de trigo os moinhos adicionem de 4mg a 9 mg de ferro, que combate a anemia, e de 140µg a 220µg ácido fólico, que evita a má formação de bebês (BRASIL, 2005a).

As farinhas de trigo para consumidores finais, encontradas em supermercados têm pouca variedade, em geral possuem de 7% a 10% de proteínas. As farinhas de uso profissional, no entanto, são em geral classificadas de acordo com seu teor de proteína (capacidade de desenvolver ou não glúten), e comercializadas de forma direcionada para suas aplicações. As farinhas para confeitaria são fracas, com cerca de 8% de proteínas; As médias possuem acima de 10% de proteínas e são destinadas a panificação; Acima de 14%, são classificadas como fortes e são direcionadas à produção de macarrão. As pré-misturas industriais possuem teores de proteínas que variam conforme o produto final (VIANNA, 2018).

2.2.2. Água

Aliada à farinha de trigo, a água é dos elementos mais importantes na produção de pães. Sua adição, como mencionado, permite o desenvolvimento do glúten, além de ser essencial para a ação do fermento, a dissolução dos ingredientes, a gelatinização do amido durante a cocção e por controlar a temperatura e a consistência da massa (VIANNA, 2018).

A quantidade de água a ser adicionada na massa panificada depende do tipo de pão a ser produzido. O tradicional pão francês recebe de 55% a 60% de água em sua formulação, enquanto a *ciabatta* tem de 70% a 80% de água. A quantidade de proteínas da farinha determina a quantidade de água que a massa poderá receber, quanto maior a concentração de proteínas, mais hidratado pode ser o pão. Outro fator que determina o percentual de água é o processo: pães feitos com modeladora, como o francês, precisam de uma massa mais consistente, já que se fosse feito com alta hidratação como a *ciabatta* sua massa ficaria pegajosa e demandaria modelagem manual (VIANNA, 2018).

A água utilizada para produção de pães, além de ser potável, deve possuir baixo teor de cloro, que deixa sabor residual e interfere no trabalho dos microrganismos fermentativos. A presença de sais minerais é desejável, uma vez que sua interação fortalece o desenvolvimento do glúten. No entanto, a água comumente utilizada, recebida pelos encanamentos das cidades possui baixo teor de sais minerais e cloro em quantidades variáveis, o que muitas vezes convida os fabricantes à utilização de melhoradores de farinha.

2.2.3. Sal

A adição de sal na massa do pão possui não apenas a função de conferir sabor ao produto, mas sua presença controla a fermentação, reduzindo a água livre para o fermento consumir, bem como o branqueamento do miolo e na conservação do pão. É regra geral a adição de 2% de sal, em relação ao peso de farinha, mas este teor pode variar conforme a formulação. A falta de sal na massa panificada pode causar perda do controle de fermentação, e a massa fermentar demais em pouco tempo, além de perder sabor e ficar com consistência mole. Por outro lado, o excesso de sal pode causar retardo na fermentação, exigindo mais tempo, além de promover um produto final mais pesado e duro, o que tem implicações diretas na aceitação pelos consumidores (VIANNA, 2018).

2.2.4. Fermento Biológico Comercial

O fermento biológico é comercializado de duas maneiras, fresco e seco. Ambos possuem o mesmo conteúdo, leveduras da espécie *Saccharomyces Cerevisiae*, produzidas em escala industrial sob condições rígidas de controle, e que são compactadas em blocos e refrigeradas (fresco) ou desidratadas e embaladas em atmosfera modificada (seco). As leveduras de fermentação de pães são microrganismos que possuem uma função metabólica razoavelmente simples: alimentam-se de água e do amido da farinha de trigo, e expõem gás carbônico, etanol e diversos outros compostos em menor quantidade. A temperatura é determinante na ação do fermento, ao final do processo de cilindragem ou sova, a massa deve estar no máximo a 26°C, temperatura em que a fermentação ainda é lenta. Entre 27°C e 35°C se tem a fermentação rápida, o que reduz o tempo de bancada da massa, para fracionar e modelar os pães. A 60°C as leveduras morrem e perdem sua ação. A quantidade de fermento em uma massa de pão varia de acordo com o tipo de pão a ser feito, com formulações que levam de 0,1% a 5% de fermento, quantidade esta que também influencia no tempo de fermentação. O excesso de fermento causa um sabor característico e desagradável na massa de pão (CANELLA-RAWLS, 2005).

2.2.5. Etapas de Produção

As metodologias de produção de pães são variadas, podendo no entanto ser condensadas em doze etapas segundo Vianna (2018). Tudo se inicia pela formulação através de uma ficha técnica, que apresentará todos os ingredientes, etapas e quantidades necessárias para produção, e que devem ser ajustadas conforme a demanda de produção antes de seu início. Esta etapa é fundamental para a padronização e qualidade do produto final. Tendo em mãos a lista de ingredientes e utensílios dada pela ficha técnica, inicia-se a segunda etapa, o *mise-en-place*, que é a separação e organização do ambiente de trabalho, separa-se os ingredientes nas quantidades exatas que serão utilizados, os utensílios, verifica-se a disponibilidade do maquinário e realiza-se uma checagem ao final, para constatar possíveis esquecimentos.

A etapa seguinte é de mistura e sova/cilindragem, que segundo o autor pode ser feita segundo quatro diferentes métodos: direto convencional, direto rápido, direto padrão e indireto (Figura 1).

O método direto convencional foi utilizado até a década de 1970, e exigia grande esforço por parte dos trabalhadores, uma vez que todo o trabalho era feito manualmente, em cochos, que facilitavam o trabalho com a massa. Com a introdução de maquinário nas padarias, o método convencional foi abandonado.

O direto rápido, que também recebe o nome de método de Chorleywood consiste na mistura de todos os ingredientes da formulação de uma única vez, em masseira rápida, que tem alta velocidade de rotação e desenvolve o glúten da massa rapidamente, em cerca de 3 a 4 minutos, há a seguir um curto tempo de descanso em bancada e a fermentação final, completando o processo em cerca de 2 horas. Este método é pouco aplicado devido à necessidade de controles rígidos do processo, como a temperatura da massa, que se sobreaquece devido ao atrito com a masseira, além de não permitir ajustes e a visualização do desenvolvimento da massa durante o batimento. Além destes aspectos negativos, destaca-se o sabor e aroma pobres do produto final, o que têm feito as padarias adotarem o método direto padrão, que pode ser feito com uma masseira de duas velocidades ou uma masseira lenta e um cilindro, ao qual se adiciona primeiramente os ingredientes secos, depois os líquidos e por fim a gordura. Os ingredientes são apenas misturados em velocidade lenta e depois levados ao cilindro ou à velocidade rápida até chegar ao ponto de véu. Como o desenvolvimento do glúten ocorre gradualmente, ajustes da quantidade de líquido podem ser feitos ao longo do processo, que do início até o pão pronto leva cerca de 3 horas.

Pode se classificar o método de produção como indireto sempre que houver duas ou mais etapas de produção da massa, seja as que se iniciam pela preparação de pré-fermentos como a esponja e o *polish*, seja as que ficam por tempos variáveis em autólise, que é um processo em que se mistura apenas água e farinha, deixando em descanso por tempo variável antes do desenvolvimento da massa. Este primeiro estágio pode ser feito em masseira lenta ou manualmente, e para a última etapa, de desenvolvimento do glúten, é necessário masseira rápida ou cilindro. O processo total pode levar de 4 a 24 horas ou mais, dependendo da formulação. O maior tempo e trabalho de preparo resulta em pães de qualidade superior.

A quarta etapa de produção é um descanso intermediário, que dura entre 10 e 40 minutos a depender do pão a ser feito, normalmente com a massa inteira formatada em uma grande bola sobre a bancada, coberta com plástico para não ressecar. Neste momento ocorre o início da fermentação e relaxamento das cadeias de glúten, que permitem melhor extensibilidade da massa para a etapa seguinte, de divisão e porcionamento, também chamada de pré-modelagem, onde a massa é dividida em porções padronizadas com o peso de cada pão, com uso de uma balança ou divisora

volumétrica e a seguir boleadas. Esta etapa termina com um novo descanso de bancada, breve, de cerca de 10 minutos para promover o relaxamento do glúten novamente, e assim ser lançada a sexta etapa, de modelagem, que pode ser feita por maquinário próprio (modeladora) ou manualmente. Nesta etapa é dada forma aos pães e adicionado recheio se for o caso, sendo os formatos mais comuns a baguete, bisnaga, bola, brioche, cordão, enrolado, filão, oval, achatado, pão de fôrma, recheado, rocambole, roseta, trançado, triângulo e trouxinha.

Uma vez modelados, os pães são acondicionados em assadeiras untadas, que podem ser caneladas e perfuradas, como para produção de pão francês e baguete, ou nas fôrmas específicas. A junção da massa, popularmente conhecida como “costura” deve ser disposta na parte de baixo dos pães, e deve-se respeitar um espaçamento mínimo de 4 a 5 cm entre cada unidade. A seguir, a oitava etapa é da fermentação final. Para tanto, utiliza-se câmaras de fermentação, com temperatura e umidade controlados, ou armários fechados em controle nenhum de temperatura. O tempo de fermentação é variável, conforme a quantidade de fermento e a temperatura em que a massa se encontra, devendo ser adaptado a cada formulação.

Com a massa no ponto ideal de fermentação, ocorre a finalização, que consiste em alguns casos de cortes com lâminas na superfície (que abrirá a pestana no forno) ou de polvilhar farinha ou sementes, pincelar gemas, ou outros acabamentos ao produto, que será imediatamente levado ao forno, para a décima etapa listada, a de cozimento, onde ocorre a inativação e morte do fermento, expansão dos vapores e gases internos, fazendo o pão crescer e a coagulação da rede de glúten. Esta etapa pode ser destrinchado em três: a primeira ocorre quando nos primeiros minutos, onde é injetado vapor dentro do forno, especialmente para massas pobres, que retarda a elevação de calor da massa, permitindo maior produção de gás carbônico pelo fermento até sua morte, a 60°C. A seguir, ainda ocorre a expansão dos gases internos ao pão e a gelatinização do amido e coagulação do glúten, que definem o tamanho final do pão. A terceira etapa é quando ocorre a formação de crosta (casca) e intensificação da cor. A temperatura em que os pães serão assados e a injeção de vapor dependem de vários fatores como o tipo de pão e o tipo de forno.

Findo o cozimento, os pães prontos devem ser levados para resfriarem até cerca de 30°C a 35°C, quando cessam de expelir os vapores do cozimento e podem receber sprays de fungicidas, que aumentam a vida útil do produto e serem enviados para venda, aonde serão embalados em sacos de papel ou de plástico, ou serem embalados e armazenados ou ainda congelados.



Figura 1. Resumo das etapas de produção descritas.

Fonte: VIANNA (2018).

2.3. Fermentação Natural

A fermentação natural ou espontânea é uma das formas de biotecnologia mais antigas conhecidas e dominadas pelo homem, embora haja detalhes ainda a serem estudados e esclarecidos (ARENDRT, RYAN e BELLO, 2007). Em panificação, há diversas nomenclaturas adotadas, como *levain* para os franceses, *sourdough* em inglês, *massa madre* em espanhol (VIANNA, 2018). Sua principal função é levedar a massa produzindo gás carbônico. Este processo, embora ancestral, tem ganhado nova força com a recente demanda do mercado consumidor por produtos de alta qualidade, naturais e saudáveis (ARENDRT *et al*, 2007; KATINA *et al.*, 2005). Esta tendência é referendada em diversos estudos de mercado como da Associação Brasileira da Indústria da Panificação e Confeitaria - ABIP (2018) e do SEBRAE (2017).

Para produção do pão, é utilizado uma cultura *starter*, que ancestralmente era um pedaço da massa do dia anterior, que é basicamente uma farinha de cereal, em geral do trigo, mistura da água e, com a ação do tempo, as leveduras e bactérias ácido-láticas presentes naturalmente no trigo ou no ar começam a multiplicar-se e aerar a massa, formando o fermento (ARENDRT, RYAN e BELLO, 2007). Há indícios de que era utilizado fermento das cervejas para produção de pães (VIANNA, 2018).

A fermentação natural é utilizada principalmente para melhorar aspectos sensoriais dos pães: o sabor é o mais notável, além do desenvolvimento de aroma mais complexo, textura melhorada, casca mais crocante, miolo mais macio, volume específico aumentado, valores nutricionais melhorados e tempo de prateleira estendido. Isto em relação ao fermento industrial comum, composto apenas de *S. Cerevisiae* (ARENDRT *et al.*, 2007; HANSEN, 2005; REHMAN *et al.*, 2006; KATINA *et al.*, 2005). Em termos comerciais, pães possuem sabor característico, de alto valor agregado (ABIP, 2018). Também se relata melhor digestibilidade de pães de fermentação natural (VIANNA, 2018).

Katina *et al.*(2005) explora os potenciais de benefício para a saúde humana de produtos à base de cereais fermentados naturalmente. Produtos como o pão, feitos com farinha integral, tem aceitação melhorada, com ganhos de palatabilidade, sem perdas de nutrientes e especialmente de fibras dietéticas durante o refino da farinha e ainda mais – o processo fermentativo retarda o biodisponibilidade do amido, tornando o produto de baixo índice glicêmico, permite uma fração maior de farelo de cereais, melhora a biodisponibilidade de minerais e aumenta os níveis de compostos bioativos, como antioxidantes.

Durante a fermentação, ocorrem mudanças bioquímicas nas farinhas, sobretudo em seus carboidratos, que sofrem ação metabólica dos microrganismos, através de enzimas digestivas, que hidrolisam o amido para ser consumido como alimento. Este processo, além de promover a reprodução dos microrganismos, tem como resultado a formação de gás carbônico, álcool, compostos voláteis e a acidificação da massa (ARENDRT, RYAN e BELLO, 2007).

Diversos estudos foram feitos para identificação dos microrganismos em iscas de fermentação natural. Na revisão de Arendt *et al.*(2007), foram identificadas mais de 50 espécies de bactérias ácido-láticas (BAL), a maioria do gênero *Lactobacillus*, e mais de 25 variedades de leveduras, especialmente do gênero *Saccharomyces* e *Candida*. Os renomados estudos de Vuyst e Vancanneyt (2007) referendam estes resultados, com aprofundamento na identificação das bactérias ácido-láticas.

As proteínas presentes no trigo e centeio são fundamentais na qualidade dos pães. A proteólise que ocorre durante a fermentação cria diversos compostos precursores de voláteis aromáticos e de sabor (ARENDR, RYAN e BELLO, 2007). Apesar do exposto, a fermentação natural tem sido adotada como tecnologia para desenvolvimento de produtos livres de glúten, de alta qualidade, com sabores e aromas complexos (BRANDT, 2018).

A produção de pães de fermentação natural está associada ao artesanal, no entanto, há trabalhos que mostram que ao redor do mundo já há tecnologia capaz de oferecer fermentos com variedade de leveduras industrializados, que possibilitam inclusive a produção industrial automatizada em larga escala. Para Brandt (2018), há dois tipos de *levain* comercial: O tipo I, que contém microrganismos vivos, e é utilizado como *starter* para fermentação de massas, comercializado geralmente em pasta, líquido e em pó. O tipo II são produtos com fermentação completa, cujos microrganismos foram inativados para poder dar vida de prateleira, e existem nas formas líquida, pastosa ou em pó. Ambos são utilizados para fermentação de pães, no entanto com aplicações em diferentes processos. Mesmo em grande escala, já há no mercado brasileiro pré-misturas de alta qualidade para produção de pães de fermentação natural (ABIP, 2018).

2.4. Indústria Cervejeira no Brasil

O setor de fabricação e distribuição de cervejas no Brasil é um dos mais tradicionais e relevantes no país, embora seu início tenha sido tardio com relação aos países de tradição cervejeira como a Alemanha, apenas em 1853 (CERVBRASIL, 2016). Os dados mais recentes divulgados pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, que regula o setor, mostra no triênio de 2015 a 2017 o número de cervejarias triplicou no país, chegando a 679 fábricas em 2017 (ALVARENGA, 2018), com 8903 produtos registrados entre cervejas e chopes (MÜLLER e MARCUSSO, 2018), que são produtos distintos, segundo a legislação vigente, os artigos 36 e 37 do Decreto nº6871/2009:

“Cerveja é a bebida obtida pela fermentação alcoólica do mosto cervejeiro oriundo do malte de cevada e água potável, por ação da levedura, com adição de lúpulo.

(...)III - a cerveja deverá ser estabilizada biologicamente por processo físico apropriado, podendo ser denominada de Chope ou Chopp a cerveja não submetida a processo de pasteurização para o envase (BRASIL, 2009, p. 12-13)”

As fábricas estão distribuídas no território nacional de maneira desigual, com concentração de 83% dos estabelecimentos nas regiões Sul e Sudeste, com destaque para o Rio Grande do Sul e São Paulo (MÜLLER, 2018).

A indústria brasileira é a terceira mundial em produção, com cerca de 140 milhões de hectolitros produzidos ao ano (em conversão, são 14 bilhões de litros) (CERVBRASIL, 2019) apenas atrás da China, que lidera com folga o mercado, com 490 milhões de hectolitros ao ano e dos Estados Unidos, com cerca de 230 mi hl/ano (MARCUSO, 2015). Em termos da economia nacional, no entanto, o setor cervejeiro representa 1,6% do PIB nacional, com participação de 14% da indústria de transformação, empregando 2,2 milhões de pessoas ao longo de sua cadeia produtiva, que apresentou retração em meados de 2012 e vem se recuperando (CERVBRASIL, 2019). É importante ressaltar, neste momento, que estes dados são referentes a uma Associação de grandes indústrias, não contemplando dados das pequenas cervejarias.

A produção brasileira, juntamente com a mundial, em especial do grupo chamado BRICS, que além do Brasil, integram Rússia, Índia, China e África do Sul, tem apresentado as maiores taxas de crescimento da produção de cervejas no mundo (MARCUSO, 2015).

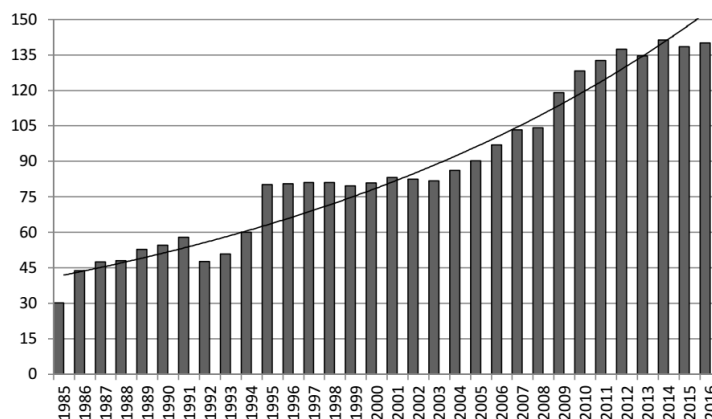


Figura 2. Gráfico da Produção Nacional de Cerveja, em Hectolitros por Ano.

Fonte: MÜLLER e MARCUSO (2017).

Os dados referentes a este mercado são impressionantes pela sua magnitude, mas nem tanto quanto a concentração: cerca de 44,8% do mercado mundial é dominado por quatro grandes oligopólios: a AB-InBev, SAB-Miller, Heineken e Carlsberg. No Brasil, juntamente com Japão, Polônia e México, mais de 90% do mercado está concentrado em duas ou três empresas (MARCUSO, 2015). Especificamente, Ambev,

Heineken e Grupo Petrópolis somam 98,6% do mercado cervejeiro brasileiro (MARTINS, PANDOLFI e COIMBRA, 2018).

O consumo per capita no Brasil, no entanto, é o 27º mais alto do mundo: 66,9 litros por habitante por ano. A população líder disparada é a da República Tcheca, seguida por países próximos como a Áustria, Alemanha e demais países do Leste Europeu. A América Latina como um todo é considerada, hoje, uma região em amadurecimento do consumo de cerveja, com ainda grande potencial de expansão (MARCUSO, 2015).

2.5. Subprodutos da produção de cerveja e potenciais aplicações.

Uma vez definida a cerveja como bebida, os insumos e seu processo produtivo geral serão descritos a seguir.

De maneira mais aprofundada, a cerveja é uma bebida feita a partir de cereais. Na detalhada descrição de Bamforth (2008), a cevada é predominante, mas utiliza-se trigo, centeio, aveia, milho, arroz e praticamente qualquer vegetal que tenha fontes de amido – que são as reservas energéticas da planta, que servirão de alimento para as leveduras, que produzirão álcool, gás carbônico e outras substâncias. A cevada, assim como as uvas viníferas, possui uma infinidade de variedades registradas e cultivadas, cada qual conferindo diferentes atributos e aspectos sensoriais para a cerveja produzida. Os grãos são submetidos ao processo de malteação para serem utilizados para produção cervejeira, que consiste, de maneira simplificada, na germinação da semente e posterior secagem. Este processo converte o amido existente naturalmente no cereal em açúcares fermentáveis, através da ação de enzimas, sendo este portanto um processo essencial. A malteação, para ser bem sucedida, também exige diversos cuidados e precisão dentro de seus processos – a secagem dos grãos é delicada, se insuficiente pode dar sequência à germinação, se excessiva, pode chegar a torrar o produto e comprometer os açúcares. Naturalmente, nem toda variedade de cevada é ideal para malteação, o manejo exige conhecimento e habilidade técnica, para obter grãos com mais amido e teores menores de proteína. A maioria do cultivo é feito com este propósito.

O insumo de maior consumo, no entanto, é a água. Logo a primeira etapa, de malteação, necessita de quantidades enormes de água, onde os grãos ficam de molho, em uma relação de 1:3. Nas cervejarias mais eficientes, a razão entre o volume de cerveja produzida e a água consumida é de 1 para cada 4 ou 5 litros, podendo chegar a mais de 10 litros. Não apenas a exigência de volume é grande, mas a qualidade da

água é um aspecto crucial na produção de cerveja. Além do mínimo, que é a potabilidade, não possuir odores ou sabores, a composição mineral afeta todo o processo cervejeiro, havendo, nas grandes fábricas, filtros para retirar o excesso e adição de minerais, se necessário. Com este consumo de água, e sabendo apenas uma fração se torna cerveja, os demais são evaporados nos processos quentes, ou são subprodutos de produção (BAMFORTH, 2008).

O lúpulo é o ingrediente responsável pelos sabores amargos, florais e diversas outras nuances. É o tempero da cerveja. A árvore do *Humulus lupulus* cresce nas latitudes entre 30° e 50°, trata-se de uma planta perene, da qual se consomem as inflorescências, que possuem resinas e óleos, que mostura (tratada adiante) conferem sabor amargo. O extrato do lúpulo na cerveja também tem propriedades conservantes, inibindo a proliferação microbiana. Como nas demais espécies vegetais, há uma infinidade de variedades de lúpulos disponíveis, cada qual com seu perfil aromático (BAMFORTH, 2008).

De posse dos insumos e equipamentos necessários, a produção de cerveja se inicia com a moagem dos cereais, dos quais o malte de cevada sempre se faz presente, para rompimento da casca e membranas internas, expondo os açúcares existentes em seu interior. A seguir, ocorre a hidratação, em geral em três partes de água para uma de amido, a 45°C, aonde o processo de quebra dos amidos começa a ocorrer. A temperatura é elevada para o patamar dos 65°C, não podendo exceder esta temperatura crítica, que pode comprometer todo o processo de fabricação. Nesta etapa do processo, que dura de uma a duas horas, ocorre a gelatinização dos grânulos de amido, que se dissolvem à água adicionada, e se apresentam de uma forma muito mais disponível para ação de enzimas e fermentação. A este líquido formado dá-se o nome de mosto cervejeiro, citado na definição.

A etapa seguinte é de especial interesse para este trabalho – é quando ocorre a filtração, o mosto cervejeiro é drenado e circulado novamente. As cascas dos cereais ficam depositadas ao fundo do recipiente, formando um tipo de filtro natural. Este subproduto, que será caracterizado a fundo adiante, é o denominado bagaço de malte, que possui vida útil muito curta, e deve ser dada destinação imediata (ALIYU ; BALA, 2011). Para cada 100 litros de cerveja, são produzidos de 14 a 20kg de bagaço de malte, sendo este o subproduto mais abundante (MATHIAS *et al*, 2014).

Por ser composto basicamente de fibras, proteínas e minerais, as aplicações do bagaço de malte, nomeado na literatura internacional como *Brewer's Spent Grain* (BSG), são listadas por Mathias *et al*. (2014), Lynch *et al* (2016) e Aliyu e Bala (2011)

sendo a principal e em muitos casos exclusivamente a alimentação animal. No entanto há diversas aplicações para a alimentação humana, que será aprofundada adiante, bem como a produção de biogás e energia elétrica, a produção de concentrados de proteína, além de, através de fermentação, etanol, ácido láctico, antibióticos, enzimas e gomas. Também é notável a reutilização na própria indústria cervejeira, para produção de cerveja com baixo conteúdo de álcool.

A seguir o mosto é fervido com a adição de lúpulos e outros componentes de sabor, como caramelo ou mel durante cerca de uma hora, para inativar enzimas e pasteurizar seu conteúdo, além de haver precipitação de materiais indesejados, que são removidos e a volatilização de diversos compostos. Findo este processo, é feita a chamada clarificação, aonde são retiradas as proteínas e outras partículas sólidas por meio de processo de decantação hidrodinâmica. Este subproduto é denominado *trub* grosso (SANTOS, 2005) ou *trub* quente (MATHIAS, MELLO e SERVULO, 2014), que em geral é misturado ao bagaço de malte e tem destinação conjunta a este primeiro subproduto.

Após este processo, inicia-se a fermentação, que possui duas etapas: a aeróbia, que dura os primeiros dois a 7 dias, e a fase anaeróbia. É neste ponto que os açúcares redutores presentes no mosto são consumidos pelas leveduras, no processo chamado fermentação alcoólica, que produz álcool, gás carbônico e diversos compostos aromáticos, além da reprodução das leveduras, que chegam a multiplicar-se de 3 a 5 vezes durante o processo fermentativo, gerando o terceiro subproduto do processo, que é tradicionalmente reaproveitado na produção de outro lote de cerveja, ou descartado. Este subproduto responde por 1,5 a 3kg a cada hectolitro de cerveja (MATHIAS, MELLO e SERVULO, 2014).

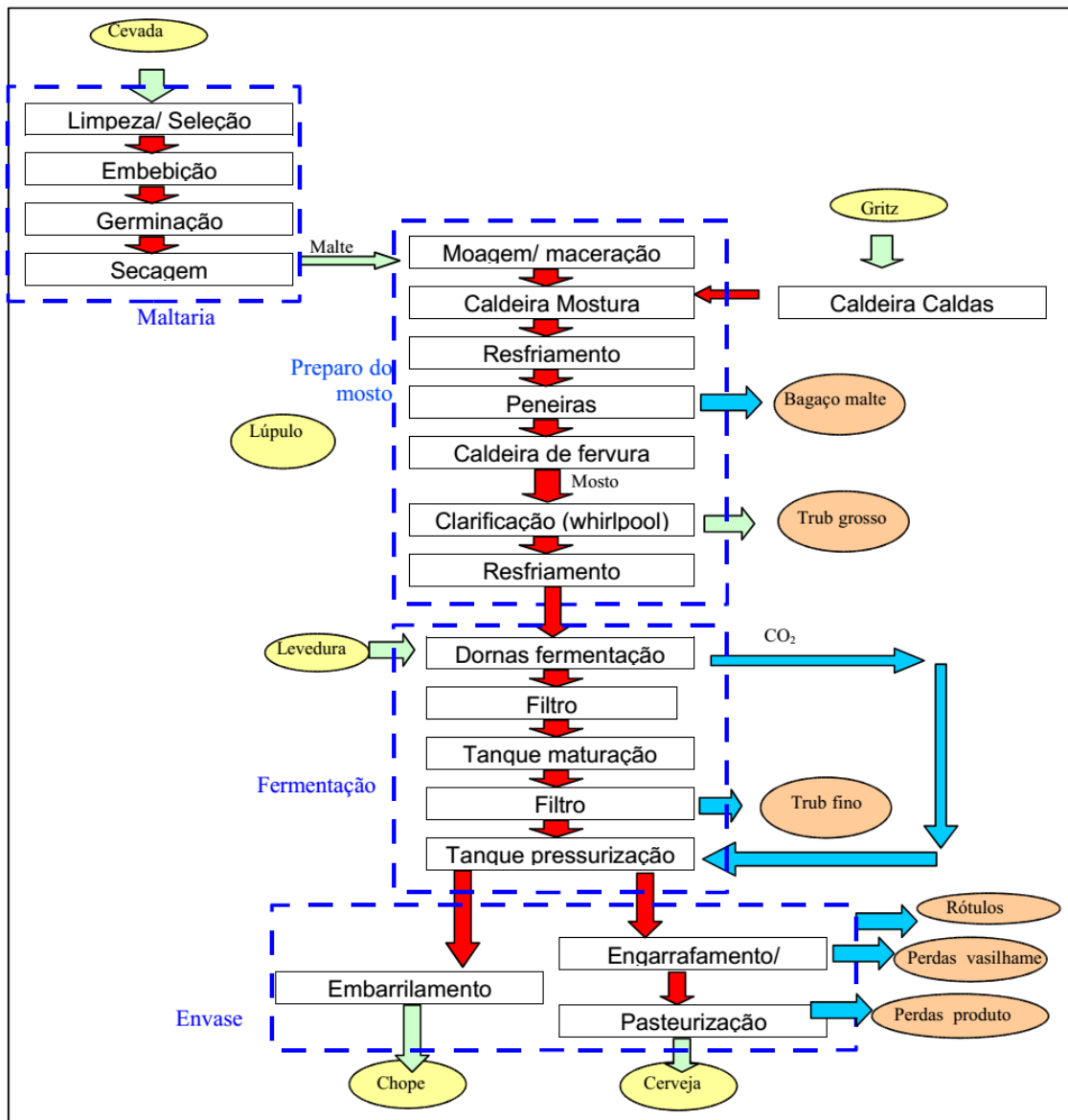


Figura 3. Fluxograma de processo genérico de produção de cerveja.

Fonte: Santos (2005).

A borra de leveduras, também chamada de *trub* fino tem aplicação externa às fábricas de cerveja na alimentação animal e humana, a produção de agentes flavorizantes para indústria, fabricação de elementos filtrantes, obtenção de enzimas como a invertase, substrato para produção de microrganismos como leveduras, substrato para produção de microalgas, produção de biogás e absorção biológica e precipitação de metais pesados em solo e água (ALIYU;BALA, 2011;MATHIAS *et al* , 2014).

A partir deste momento, alguns processos se diferenciam. A cerveja, em geral, é levada para a maturação, aonde fica em baixas temperaturas durante 15 a 60 dias

para decantar as leveduras residuais, e depois passa por um processo de filtração final, com um produto chamado terra diatomácea, que aumenta o brilho do líquido final. A seguir ocorre ou não a pasteurização e o envase, aonde pode-se inserir mais gás carbônico ou fazer outra fermentação na garrafa com este mesmo fim. Estas etapas finais geram subprodutos notáveis de filtração com a terra diatomácea, que é de difícil deposição e descarte (MATHIAS, MELLO e SÉRVULO, 2014), no entanto, nota-se que há alternativas disponíveis no mercado, de filtros que não geram subprodutos.

2.6. Caracterização do bagaço de malte e aplicação em alimentos.

O grão de cevada pode ser dividido em três partes principais: o germe (embrião), o endosperma (onde se encontra o amido) e as cascas (Figura 4). Durante o processo cervejeiro, como já mencionado, o conteúdo amiláceo é solubilizado, e toda fração não solúvel compõe o bagaço de malte.

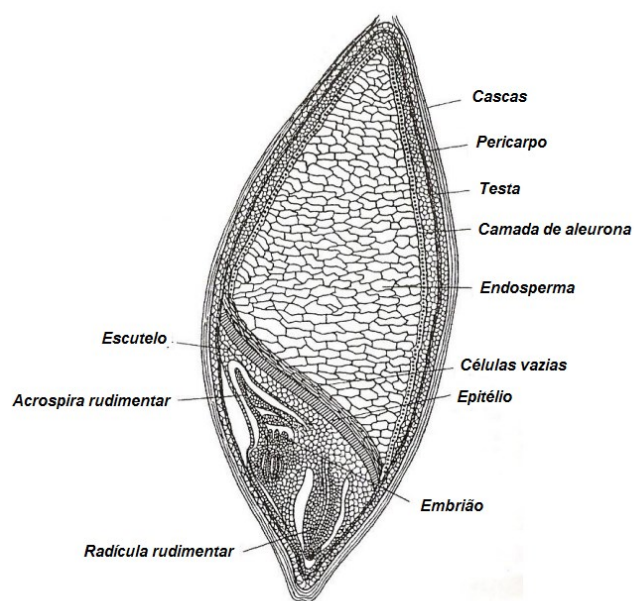


Figura 4. Grão de Cevada

Fonte: Silva (2019).

O bagaço de malte possui de 70% a 80% de umidade. Na fração úmida encontra-se a maior parte do conteúdo de amido do bagaço, que em geral é baixo e apenas residual, solubilizado na água ou em pequenos grânulos não solubilizados, a depender da forma de processamento da cevada, bem como da variedade ou mistura de cereais feita. Pela revisão feita por Lynch *et al* (2016), a fração seca (não solúvel, de cascas) do

bagaço de malte tem sua composição (Figura 5) majoritária por hemicelulose (20 a 25% da fração seca) e celulose (12 a 25%), além de proteínas (19 a 30%), ligninas (12 a 28%), além de gorduras (10%) e cinzas (2 a 5%). Os levantamentos e análises feitos por Mathias (2014) e Aliyu (2011) estão em concordância com os percentuais apresentados.

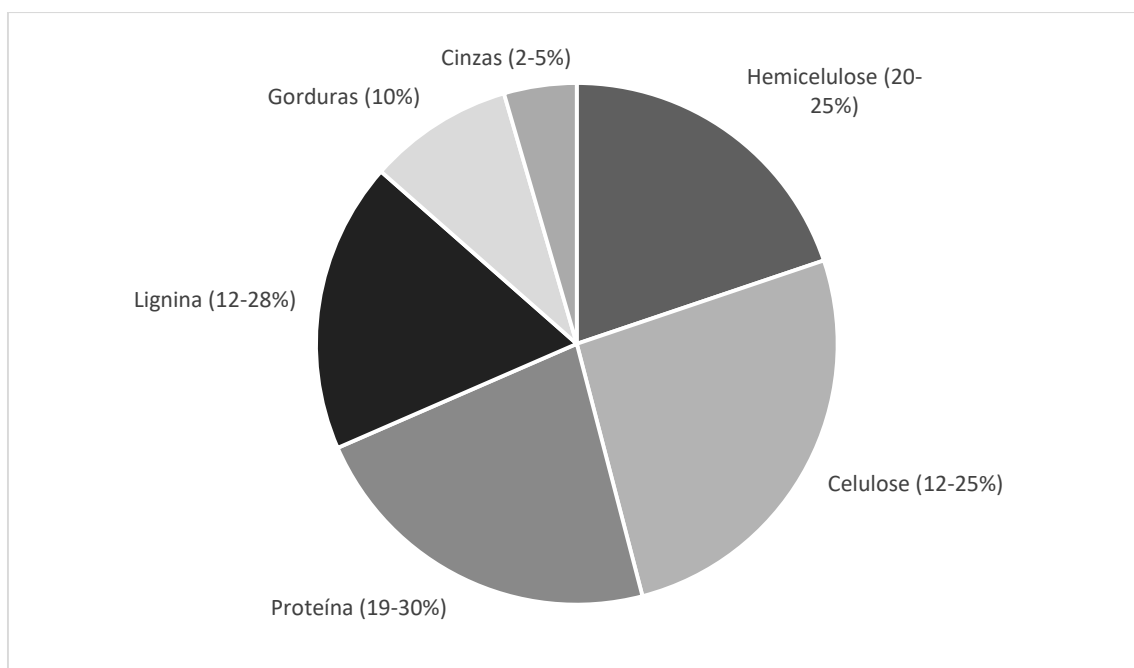


Figura 5. Composição típica da fração seca de bagaço de malte.

Fonte: Adaptado de LYNCH, STEFFEN e ARENDT (2016).

O constituinte mais abundante do bagaço de malte é o arabinosilano, que chega a representar 40% da fração seca. Os monossacarídeos presentes são a xilose, glucose e arabinose, assim como traços de ramnose e galactose também foram encontrados. Das proteínas, as mais abundantes são hordeínas, glutelinas, globulinas e albuminas. Os aminoácidos essenciais representam cerca de 30% do total de proteínas, sendo a lisina o mais abundante – o que possui especial importância, visto que este aminoácido é, em geral, deficiente em cereais alimentícios. Os sais minerais mais comuns são o silício, fósforo, cálcio e magnésio (LYNCH *et al.*, 2016; WATERS *et al.*, 2012).

Diante do exposto, o bagaço de malte é de especial interesse para a alimentação humana, sobretudo no que se refere ao conteúdo de fibras alimentares (celulose, hemicelulose e lignina), que não sofrem a ação de enzimas e sucos digestivos, chegando ao intestino grosso sem se degradar, e posteriormente ao cólon intestinal, contribuindo para o trânsito intestinal saudável. A adição de fibras, portanto, adiciona propriedades funcionais aos alimentos, tornando-os parte de uma estratégia para

prevenção de Doenças Crônicas não-transmissíveis (DNCTs) (SILVA, SILVA, *et al.*, 2016)(KATINA, ARENDT, *et al.*, 2005).

Pela regulamentação existente na Resolução RDC nº360 (BRASIL, 2003), a definição de fibra alimentar é “qualquer material comestível que não seja hidrolisado pelas enzimas endógenas do trato digestivo humano”, e deve constar na rotulagem complementar de alimentos, segundo a Portaria nº 27 (BRASIL, 1998), em dois casos: como Fonte de Fibras, caso tenha entre 3 e 6 gramas de fibras alimentares para cada 100 gramas do produto ou com Alto Teor de Fibras, com mais de 6 gramas por 100g do produto.

A aplicação do bagaço de malte na alimentação humana já possui diversos estudos. Praticamente todos seguem o processo de secagem do produto e posterior moagem, não apenas para redução de granulometria, mas também para melhorar a aceitação do produto por parte dos consumidores. O uso tem sido predominante em produtos de panificação e confeitaria, como pães, biscoitos, cookies, muffins, bolos, waffles, panquecas, tortilhas, salgadinho, donuts e brownies. Apresentamos no Quadro 1 os principais resultados, exceto pães, reunidos por Lynch (2016):

Quadro 1. Principais aplicações do bagaço de malte em alimentos.

Produto Desenvolvido	Forma de Processamento	Porcentagem de Bagaço	Resultados	Referência
<i>Cookie</i>	Secagem em forno	10, 20, 30, 40	Proteína e Fibras aumentadas em até 220%	(AINSWORTH, IBANOGLU e STOJCESKA, 2007)
<i>Salgadinho de Grão-de-bico</i>	Extrusão	10, 20, 25, 30	Aumento de fibras e proteínas	(STOJCESKA, AINSWORTH, <i>et al.</i> , 2008)
<i>Salsichas</i>	Triturado e Peneirado	1, 3, 5 (substituição de gordura)	Aumento de retenção de água, perda de pontos sensoriais de aceitação na textura.	(ÖZVURAL, GÖKBULUT e ÖZBOY-ÖZBAS, 2009)

Em referência aos pães desenvolvidos, utilizou-se o bagaço de malte sem tratamento algum, esterilizado em autoclave, moído e peneirado, fermentado ou com adição de enzimas, de 6 a 50%, observando, em todos os casos, redução da elasticidade da massa, perda de volume específico do produto final, aumento da vida de prateleira e aumento do conteúdo de fibras alimentares. Na Quadro compilamos os dados da revisão feita por Lynch com demais referências reunidas para este trabalho.

Quadro 2. Pães desenvolvidos com bagaço de malte.

Forma de processamento	Porcentagem de bagaço	Resultados	Referência
<i>Autoclave</i>	6, 8, 10	Menor volume específico, aumento da vida de prateleira em 4 dias. Aumento da retenção de umidade na fermentação natural.	(PLESSAS, TRANTALLIDI, <i>et al.</i> , 2007)
<i>Adição de enzimas</i>	10, 20, 30	Aumento do conteúdo de fibras, aumento da dureza da casca, redução do volume específico. Enzimas podem melhorar aspectos sensoriais.	(STOJCESKA e AINSWORTH, 2008)
<i>Fermentada com Lactobacillus plantarum</i>	5, 10, 15, 20	Melhoria da textura com baixos teores de bagaço, redução de volume específico, clareamento da casca, redução da doçura com aumento do bagaço, melhor aceitação em 10%.	(WATERS, JACOB, <i>et al.</i> , 2012)

<i>Fermentação Natural e melhoradores</i>	15	Maior firmeza (textura), melhoria das notas sensoriais	(KTENIOUDAKI, O'SHEA e GALLAGHER, 2013)
<i>Resfriado</i>	30	Sabor e textura com melhores notas sensoriais.	(MATTOS, 2010)

3. Objetivos

3.1 Objetivo Geral

Formular e desenvolver pães enriquecidos com diferentes proporções de farinha de bagaço de malte desidratado, utilizando a técnica de fermentação natural.

3.2 Objetivos Específicos

- Identificar a destinação e quantificar os subprodutos de produção pelas cervejarias artesanais localizadas na Região Metropolitana do Recife.
- Desenvolver uma farinha a partir do bagaço de malte.
- Confeccionar pães com diferentes proporções de bagaço de malte.
- Realizar Análise Física.
- Submeter os produtos a Análise Sensorial.

4. Materiais e Métodos

4.1. Caracterização do Estágio

O estágio foi realizado nos laboratórios de Gastronomia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, no período de 01/10/2018 a 25/01/2019 onde foi realizada a Revisão Bibliográfica, bem como a secagem do bagaço de malte em estufa, testes de diferentes formulações de pães e eventuais ajustes, produção de amostras e coleta de dados para Análise Física e Sensorial, bem como a Análise Estatística e a confecção de relatório.

4.2. Destinação e quantificação do bagaço de malte.

O levantamento de dados da destinação do bagaço de malte foi realizado junto a seis cervejarias artesanais da Região Metropolitana no Recife/PE por meio do envio de formulário estruturado elaborado no Google Forms. O mesmo continha questões que abordavam informações como: nome da empresa, produção mensal de cerveja artesanal, quantidade de malte adquirida mensalmente, quantidade de bagaço de malte gerada mensalmente, destinação do bagaço de malte, aplicação do bagaço de malte no receptor e outros cereais adquiridos e utilizados (Apêndice I). Ao final, foi deixado um espaço livre sem limitações para serem colocados comentários, informações adicionais e observações.

4.3. Confecção da farinha de malte

O bagaço de malte foi obtido de uma cervejaria local situada em Recife/PE. O transporte foi feito em caixas isotérmicas e armazenado sob refrigeração ($4^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$) em sacos de polietileno até seu uso.

Para confecção da farinha de malte, cada pacote de 1kg era retirado da refrigeração e então disposto em telas com até 1 cm de altura, e levado à estufa por 24 horas, a 60°C , até obtenção de peso constante (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008). Para redução da granulometria, a farinha foi processada em moinho de farinha e armazenada em pote de vidro com fechamento hermético, mantido na sequência sob refrigeração até seu uso na elaboração dos pães.

4.4. Formulação e Elaboração dos Pães

A formulação dos pães desejados (Quadro 2) foi feita com o uso do método de porcentagens de panificação (CAUVAIN; YOUNG, 2009), que considera a farinha de

trigo com proporção de 100% e todos os demais ingredientes em função destas. A preparação de cada formulação seguiu o método direto, sendo respeitada a seguinte seqüência: Após farinha de trigo peneirada, o fermento natural e a água gelada foram adicionados a uma bacia de inox, misturados manualmente e levados À geladeira coberto com plástico filme por 1 hora – este processo é conhecido como autólise. A massa foi então acomodada no recipiente da batedeira, que foi acionada em velocidade mínima durante 2 minutos. Se adicionou o sal e passou-se a batedeira para velocidade 3, por aproximadamente 12 minutos, até atingir ponto de véu. Verteu-se a massa sobre a bancada e a farinha de bagaço de malte foi incorporada manualmente. A massa foi coberta com sacos plásticos abertos de polipropileno e deixada em descanso por 10 minutos. A seguir, foi feita a divisão em duas partes de mesma massa, seguida do boleamento e novo descanso de 10 minutos, coberta pelo mesmo saco plástico. Cada massa foi modelada no formato de filão alongado, e acomodadas em fôrmas de alumínio de dimensões 24x10x6cm (Comprimento x Largura x Altura), devidamente identificadas pelo percentual de malte e pelas letras A ou B, e acomodadas em monoblocos plásticos cobertos por filme PVC (*Figura 6*). Um refrigerador horizontal com controle digital de temperatura foi utilizado como fermentadora, com temperatura controlada entre 12 e 16°C, durante 24 horas, período no qual as massas cresceram, conforme visto na *Figura 7*.

Quadro 2. Ficha técnica dos três pães confeccionados

Ingrediente	Malte 5%		Malte 10%		Malte 15%	
	g	%	g	%	g	%
Farinha de Trigo para Panificação	717g	95%	679g	90%	386g	85%
Farinha de Bagaço de Malte	38g	5%	76g	10%	113g	15%
Água	528g	70%	528g	70%	528g	70%
Sal	15g	2%	15g	2%	15g	2%
Fermento Natural a 70% de hidratação, refrescado.	302g	40%	302g	40%	302g	40%
Total	1600g	212%	1600g	212%	1600g	212%
Rendimento	2 pães de 800g		2 pães de 800g		2 pães de 800g	



Figura 6. Pães no início do processo de fermentação.

Fonte: Arquivo do autor.



Figura 7. Pães fermentados, prontos para o cozimento.

Fonte: Arquivo do autor.

Uma hora antes do horário previsto para assar os pães, o forno de lastro do Laboratório foi ligado e sua temperatura controlada até obter 240°C. Junto ao forno, foi aquecida uma fôrma de 30x25x10 cm com pedras tipo brita, para produção de vapor. As 6 fôrmas foram acomodadas em uma assadeira maior e todos os pães assados ao mesmo tempo. Antes de fechar a porta do forno, foi despejado um litro de água fervente na fôrma com as britas, o que gerou vapor durante os primeiros minutos de cozimento, fundamental para o crescimento do pão (CANELLA-RAWLS, 2005).

Os pães foram cozidos durante 40 minutos ou até que ficassem dourados, com uma rotação de 180° depois de 30 minutos, para ter o cozimento por igual. Os pães foram retirados do forno extraídos de suas fôrmas sobre uma grade metálica por uma hora. Embalou-se cada unidade em sacos plásticos de polipropileno identificados. Entre a embalagem e o momento da análise sensorial passaram-se 15 horas.

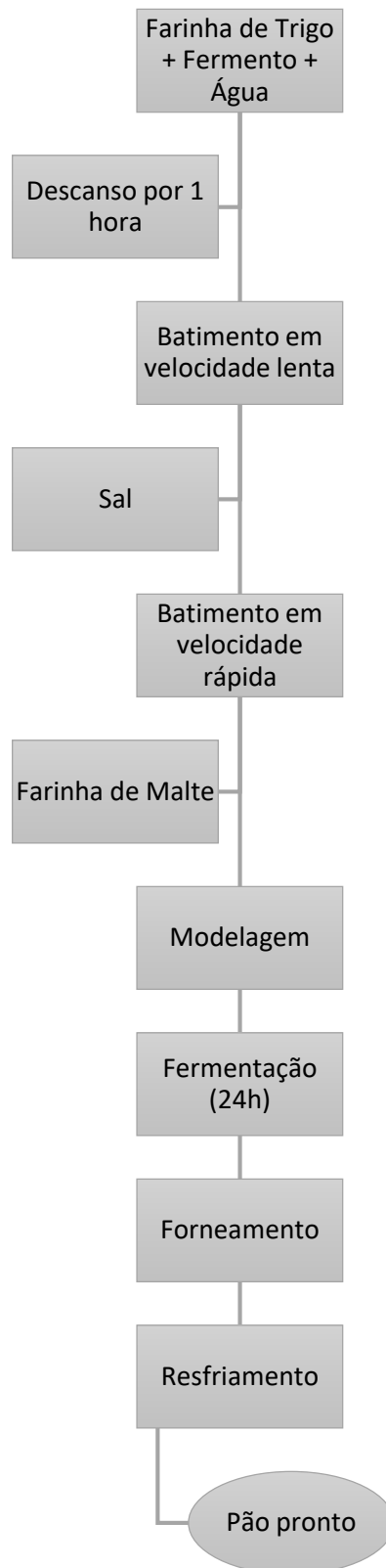


Figura 8. Fluxograma de produção dos pães

Fonte: Autor

4.5. Análise Física

Durante o processo de elaboração dos pães, foi registrada a massa (m_i) de cada pão antes de ir ao forno, e após a etapa do resfriamento sobre a grade, foi feita a medição de altura do pão, com o auxílio de um paquímetro calibrado (*Figura 9*) e a medida de sua massa final (m_f), com balança digital. O volume (V) foi obtido a partir do método de deslocamento de sementes de alpiste (MARTINBIANCO *et al.*, 2013). Com estas grandezas foram calculadas a perda percentual de água: $P = \frac{m_i - m_f}{m_f} \times 100$, a densidade e o volume específico, inverso da densidade: $V_e = \frac{V}{m_f}$.



Figura 9. Medição da altura dos pães finalizados.

Fonte: Arquivo do autor.

4.6. Análise Sensorial

Para avaliar as três formulações de pão de fermentação natural com bagaço de malte, foi aplicado um teste afetivo utilizando-se a Escala-do-Ideal (*Just About Right scale* ou JAR) (DUTCOSKY, 2013). Os avaliadores analisaram as amostras através de escalas hedônicas estruturadas de cinco pontos: 1- muito menos que o ideal, 2 – menos que o ideal, 3 – ideal, 4 – mais que o ideal e 5 - muito mais que o ideal, para sete atributos de cada formulação: cor da casca, cor do miolo, sabor ácido, sabor global, aroma global, textura da casca e textura do miolo. Complementarmente, foi inserido um item sobre Aceitação, com escala estruturada de 9 pontos, entre desgostei extremamente e gostei extremamente, além de um item sobre Intenção de Compra, em

escala estruturada de 5 pontos, entre 1 – Certamente não Compraria e 5 – Certamente Compraria. A ficha utilizada está disponível no Apêndice II.

As amostras foram apresentadas a cada avaliador de forma monádica em blocos completos e balanceados, onde cada formulação foi identificada por um número de três dígitos, escolhidos aleatoriamente, para não influenciar os avaliadores.

Juntamente com as amostras, foi servido um copo de água mineral, repostado sempre que necessário, para enxágue do palato entre uma amostra e outra, reduzindo assim o erro de contraste entre amostras.

O quadro de foi composto por 64 avaliadores não-treinados, alunos e professores do curso de Bacharelado em Gastronomia, que assinaram Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. O critério de escolha do quadro foi já ter consumido pães de fermentação natural anteriormente, no mínimo uma vez.

4.7. Análise Estatística

Os resultados foram analisados através de Teste de Variância (ANOVA), seguido por Teste de Média (Duncan), onde se verificou a ocorrência de diferença significativa entre as médias ($p < 0,05$). Com o auxílio do software XLSTAT (Addinsoft, New York, NY) foram elaborados gráficos de Penalidades para cada amostra, que apontam a significância de cada atributo na aceitação geral do consumidor, provendo assim dados específicos e direcionados para o desenvolvimento do produto (XLSTAT, 2019). As escalas de respostas foram reduzidas de 5 para 3 pontos, condensando “muito menos que o ideal” e “menos que o ideal” em apenas “menos que o ideal” e da mesma forma, “muito mais que o ideal” e “mais que o ideal” em apenas “mais que o ideal”. Foi estabelecido limite (*threshold*) de 20% para as avaliações de cada atributo de cada item serem consideradas.

5. Resultados e Discussão

5.1. Pesquisa de Consumo e Destinação de Bagaço de Malte

Através das repostas dos formulários estruturados constatou-se que o volume total de cerveja artesanal produzida pelas micro cervejarias da Região Metropolitana de Recife/PE varia entre 1 mil e 50 mil litros mensais, com média de 21.700L/mês. Se considerarmos que para cada 100 litros de cerveja utilizou-se de 14 a 20kg de bagaço de malte (BAMFORTH, 2008), pode-se estimar que o total de bagaço de malte gerado está entre 15,2 e 21,7 toneladas. No entanto, os valores informados pelas empresas no campo "quantidade de bagaço de malte gerado" foram os mesmos que os informado para quantidade de malte adquirida, revelando que provavelmente não há um controle ou registro da quantidade de subproduto produzido e retirado da fábrica, configurando prática comum em pequenas cervejarias.

As cervejarias revelaram que consomem em média 4.260 Kg por mês de malte de cevada, representando um total de 21,3 toneladas de malte adquirido por todas as cervejarias. De fato, há certa similaridade da ordem de malte adquirida (21,3 toneladas) e a estimativa do bagaço de malte (21,7 toneladas no máximo), porém é preciso notar que há substanciais diferenças nos dois produtos, sobretudo no que se refere à quantidade de água e amido: o malte é um produto seco, rico em amido, enquanto o bagaço tem cerca de 70% a 80% de umidade e amido apenas residual (LYNCH, STEFFEN e ARENDT, 2016). Há ainda outras fontes possíveis de imprecisões e erros neste nosso levantamento: dos 5 respondentes, 4 informaram adquirir trigo (80%), três adquirem aveia (60%) e um utiliza centeio (20%), de maneira que estes cereais não estão contemplados no tópico de compra dos insumos, mas certamente farão parte do bagaço da produção, uma vez que são adicionados juntamente ao malte durante a preparação do mosto.

Quanto à destinação do bagaço produzido, 100% é destinado à alimentação animal, em três situações diferentes: a primeira é das fábricas que fazem doação simples a fazendas de criação de animais; uma das empresas doa a um criador de porcos, e obtém um animal por ano na forma de permuta; e uma delas encaminha o subproduto para uma fazenda de criação de bodes, que por sua vez abastecerão uma rede de restaurantes, todas pertencentes ao mesmo grupo empresarial. Chama atenção que dentre todas as possibilidades tecnológicas exploradas na seção 2.5 , apenas uma seja adotada, provavelmente por ser a mais simples e de menor custo (MATHIAS, MELLO e SÉRVULO, 2014).

5.2. Farinha de Malte

Durante o processo de secagem, o aspecto geral da farinha de malte sofreu alterações visuais (Figura 10) e com perda média de 72% do peso.

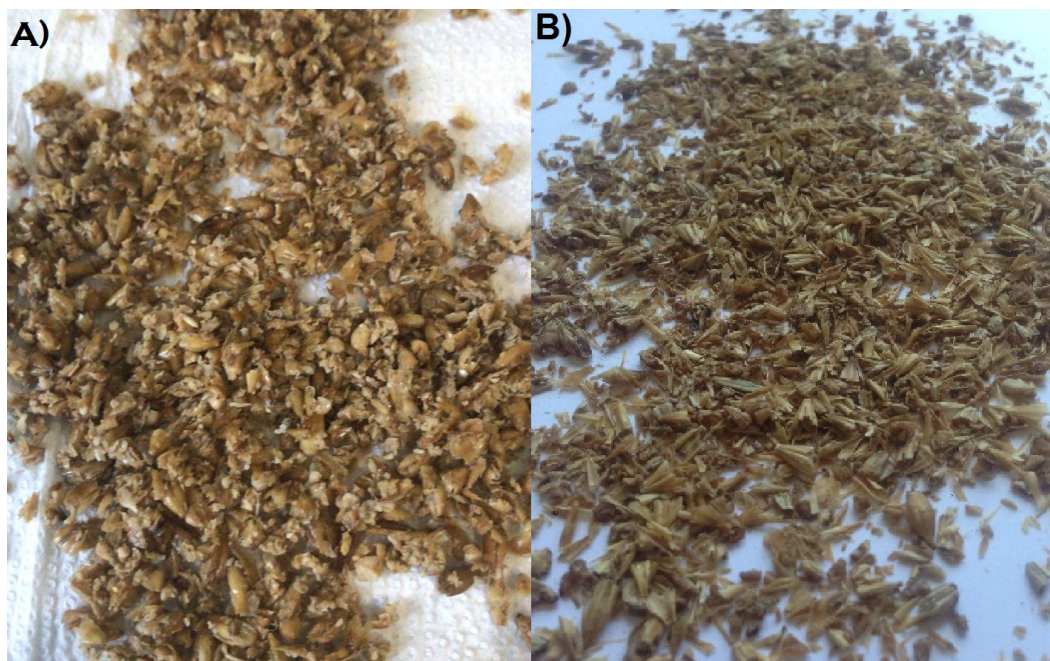


Figura 10. Bagaço de malte úmido (A). Bagaço de malte de cevado seco e triturado (B).

Fonte: Arquivo do Autor

5.3. Análise Física dos Pães

Na Tabela 1 são apresentados os resultados da análise física dos pães confeccionados com diferentes proporções de bagaço de malte de cevada. Cada pão foi identificado pelo percentual de malte seguindo das letras A e B, para diferenciação. Pode-se observar que os pães com 5% de bagaço de malte aferiram pesos finais de $713\pm 1\text{g}$ e $715\pm 1\text{g}$, apresentando menor perda de água com relação ao peso inicial (10,1% e 10,3%), e também as maiores valores para alturas $89\pm 0,5\text{mm}$ e $92\pm 0,5\text{mm}$, que estão de acordo com os maiores volumes específicos, $2,62\pm 0,04\text{cm}^3/\text{g}$ e $2,64\pm 0,01\text{cm}^3/\text{g}$. Para os produzidos com 10% de malte os pesos finais ficaram abaixo de 700g, como $690\pm 1\text{g}$ e $693\pm 1\text{g}$, com perdas respectivas de água de 13,5% e 12,5% respectivamente. As alturas medidas foram de $88\pm 0,5$ e $87\pm 0,5$ e os volumes específicos $2,52\pm 0,02\text{cm}^3/\text{g}$ e $2,57\pm 0,02\text{cm}^3/\text{g}$. No caso dos pães adicionados de 15% de bagaço, os pesos finais foram mais discordantes, $689\pm 1\text{g}$ e $707\pm 1\text{g}$, com perdas de 13,7% e 11,1% e as menores alturas, $83\pm 0,5\text{mm}$ e $87\pm 0,5\text{mm}$, assim como os menores volumes específicos, de $2,46\pm 0,01\text{cm}^3/\text{g}$ e $2,45\pm 0,06\text{cm}^3/\text{g}$.

Tabela 1. Resultados da Análise Física.

Identificação	5%-A	5%-B	10%-A	10%-B	15%-A	15%-B
Peso Inicial(g)	797 ± 1	793 ± 1	798 ± 1	792 ± 1	799 ± 1	795 ± 1
Peso Final (g)	715 ± 1	713 ± 1	690 ± 1	693 ± 1	689 ± 1	707 ± 1
Perda	10,3%	10,1%	13,5%	12,5%	13,7%	11,1%
Altura (mm)	89 ± 0,5	92 ± 0,5	88 ± 0,5	87 ± 0,5	83 ± 0,5	87 ± 0,5
Volume específico (cm ³ /g)	2,64 ± 0,01	2,62 ± 0,04	2,52 ± 0,02	2,57 ± 0,02	2,46 ± 0,01	2,45 ± 0,06

* Os percentuais seguidos das letras A e B referem-se à identificação de cada pão.

Em termos do peso final, pela perda de água, quanto maior o teor de malte, maior também é a perda de água, resultando em um menor peso final. De forma inversa, porém em consonância com os resultados de Martinbianco (2013) e Waters (2012), quanto maior a porcentagem de bagaço de malte adicionada, menor a altura final do pão e menor o volume específico, resultados também observados nas diversas pesquisas reunidas por Lynch *et al.* (2016).

As Figuras 11-A, 11-B e 11-C apresentam os pães prontos, respectivamente a 5%, 10% e 15% de bagaço de malte.



Figura 11. Pão com 5% de malte (A). Pão com 10% de malte (B). Pão com 15% de malte (C).

5.4. Análise Sensorial

A Tabela 2 apresenta os resultados da análise sensorial pela escala JAR dos pães de fermentação natural nas três concentrações diferentes.

Tabela 2. Escores médios dos atributos dos três pães de fermentação natural.

Atributo	5%	10%	15%
Cor da Casca	2,81±0,61 ^c	3,39±0,80 ^a	3,13±0,70 ^b
Cor do Miolo	2,70±0,73 ^b	3,08±0,65 ^a	3,17±0,55 ^a
Sabor Ácido	3,22±0,77 ^a	3,12±0,73 ^a	3,06±0,71 ^a
Sabor Global	2,91±0,83 ^a	3,12±0,79 ^a	2,92±0,65 ^a
Aroma Global	2,69±0,66 ^a	2,85±0,53 ^a	2,86±0,56 ^a
Textura da Casca	2,34±0,72 ^b	2,73±1,14 ^a	2,63±0,86 ^{ab}
Textura do Miolo	2,69±0,56 ^a	2,74±0,62 ^a	2,67±0,56 ^a

Resultados na mesma linha com diferentes expoentes diferem significativamente ($p \leq 0,05$).

Notas: 1: muito menos que o ideal, 2: menos que o ideal, 3: ideal, 4: mais que o ideal, 5: muito mais que o ideal.

Nos atributos Sabor Ácido, Sabor Global, Aroma Global e Textura do Miolo, as diferenças entre as três formulações não foram significativas. No entanto, nota-se que, a considerar o desvio-padrão dos valores, todos os atributos atingem o parâmetro central ideal (JAR) e não há nenhuma incidência de respostas extremas (1 - muito menos que o ideal e 5 – muito mais que o ideal), o que é desejável (DUTCOSKY, 2013).

A Cor da Casca foi o único de todos os atributos analisados com diferenciação significativa entre as formulações. O pão com 5% de malte teve a avaliação mais distante da ideal, na correspondência da escala, entre “menos que o ideal” e “ideal”, embora mais próxima deste último. As outras duas formulações entre “ideal” e “mais que o ideal”, com o adicionado de 10% de malte sendo o mais bem avaliado. Sobre este atributo, a cor da casca mais escura que é o ideal nos pães desta formulação está diretamente relacionado ao cozimento e indica a preferência do quadro de avaliadores por pães de casca mais clara.

A avaliação da cor do miolo não apresentou diferenças significativas entre os pães de 10% e 15% de malte, e estão mais bem avaliadas que a do pão com 5% de malte. Ora, isto se deve à concentração do bagaço, de cor marrom, que promove uma coloração mais escura quanto maior a quantidade de bagaço de malte em relação à farinha de trigo. A avaliação dos pães a 10% e 15% de malte mais próximas do ideal sugerem que o público avaliador tem aceitação a pães enriquecidos com farelo e de aspecto “integral”.

A textura da casca nos três pães foi avaliada como menos crocante que a ideal, sendo que a mais próxima foi do pão a 10% de malte. A formulação com 5% de malte teve escore significativamente menor, e o pão com 15% de malte não se diferenciou significativamente dos demais. É preciso notar, neste atributo, o alto valor de desvio-padrão, que indica que há pouca regularidade nos dados, isto é, há significativas quantidades de respostas destoantes entre si, o que pode estar relacionado a diferentes trechos do pão, com crocância diferenciada em sua extensão.

Os resultados para os testes de aceitação e intenção de compra, com os respectivos desvios estão dispostos na *Tabela 3*.

Tabela 3. Resultados de Teste de Aceitação e Intenção de Compra.

	5%	10%	15%
Aceitação	6,97±1,39 ^a	6,73±1,46 ^a	7,09±1,14 ^a
Intenção de Compra	3,91±0,87 ^a	3,74±0,92 ^a	4,02±0,75 ^a

*Resultados na mesma linha com diferentes expoentes diferem significativamente ($p \leq 0,05$).

**Notas de Aceitação: 1- Desgostei extremamente, 2 – Desgostei muito, 3 – Desgostei moderadamente, 4 – Desgostei ligeiramente, 5 – Nem gostei nem desgostei, 6 – Gostei ligeiramente, 7 – Gostei moderadamente, 8 – Gostei muito, 9 – Gostei extremamente.

***Notas de Intenção de Compra: 1 – Certamente não compraria, 2 – Provavelmente não compraria, 3 – Tenho dúvidas se compraria, 4 – Provavelmente compraria, 5 – Certamente compraria.

O teste de Aceitação mostrou que não houve diferença significativa entre as formulações, entretanto, nota-se que os dados correspondem a Índices de Aceitabilidade de 77%, 74% e 78%, respectivamente às formulações com 5%, 10% e

15% de malte adicionado, o que permite inferir que os produtos obtiveram boa aceitação, acima de 70% (DUTCOSKY, 2013). Os escores obtidos podem ter sido prejudicados pela pouca familiaridade com o consumo de pães de fermentação natural e enriquecidos com farelos, que ainda possuem mercado em ascensão (APLEVICZ, 2013).

A intenção de compra também não apresentou diferença significativa entre as amostras, o que é esperado após 4 dos sete atributos e a Aceitação sem diferenças significativas, reforçando a coesão dos dados.

Para a formulação a 5% de bagaço de malte, a avaliação de aceitação (Figura 12) de 56 dos 65 avaliadores (86%) esteve entre “gostei ligeiramente” e “gostei extremamente”, com pico em “gostei moderadamente” (20). A intenção de compra (Figura 13), no entanto, mostra que 22% certamente compraria, 70% diz que a compra seria provável ou teria dúvidas e 8% não compraria.

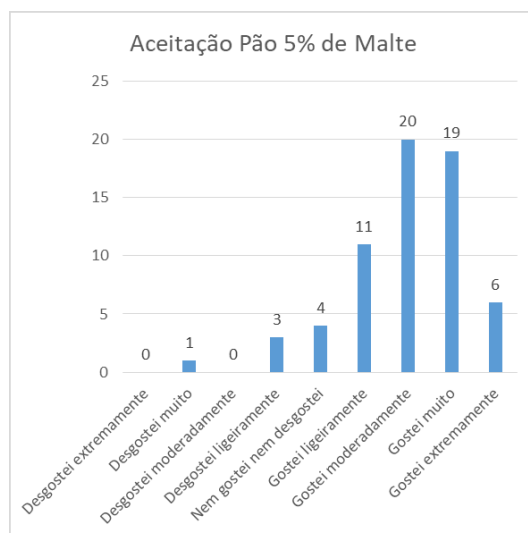


Figura 12. Distribuição da aceitação do Pão de fermentação natural com 5% de bagaço de malte.

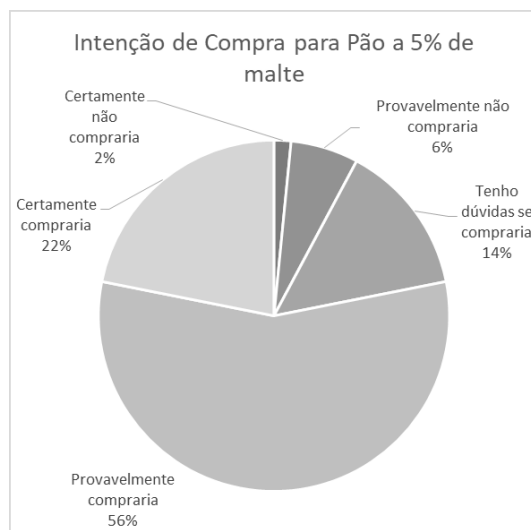


Figura 13: Distribuição da intenção de compra do Pão de fermentação natural com 5% de bagaço de malte.

Fonte: Autor

A aceitação do pão formulado com 10% de bagaço de malte (Figura 14) apresenta uma concentração maior de respostas em “gostei moderadamente”, embora 56 dos 65 avaliadores (exatamente o mesmo do 5% de bagaço de malte) tenham avaliado entre “gostei ligeiramente” e “gostei extremamemente”. No que se refere à intenção de compra (Figura 15), nesta formulação encontramos o maior número de respostas para “tenho dúvidas se compraria” e o menor para “certamente compraria”, com o menor escore absoluto para intenção de compra.

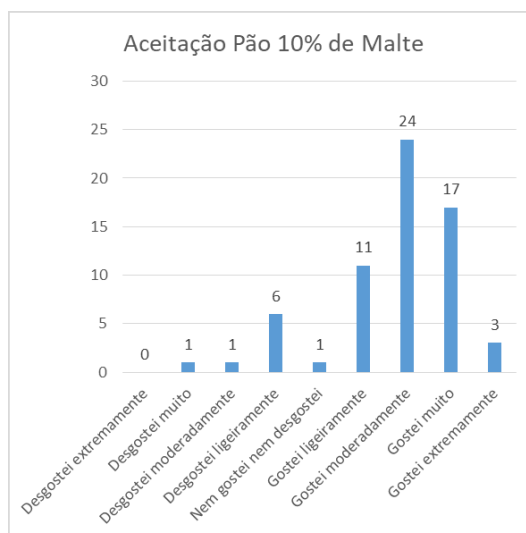


Figura 14. Distribuição da aceitação do Pão de fermentação natural com 10% de bagaço de malte.

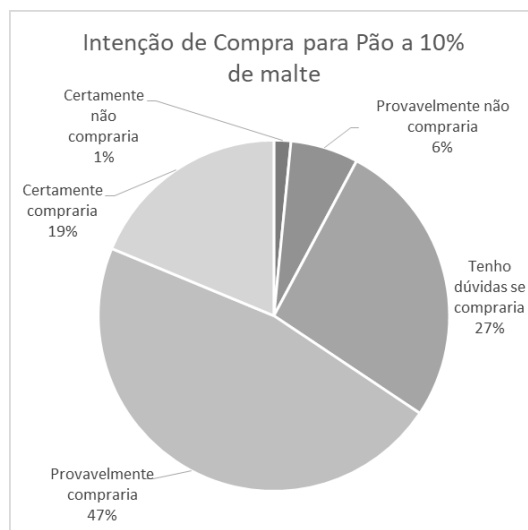


Figura 15. Distribuição da intenção de compra do pão de fermentação natural com 10% de bagaço de malte.

Fonte: Autor

O pão a 15% de malte obteve as melhores notas absolutas tanto no que se refere à aceitação (**Figura 16**) quanto à intenção de compra (**Figura 17**). Na aceitação, a resposta mais frequente foi “gostei muito” (40%) e as respostas entre “gostei ligeiramente” e “gostei extremamente” somam 94% do total. Na intenção de compra, a prevalência é do “provavelmente compraria”, como nas demais formulações, no entanto com concentração de 62% nesta resposta.

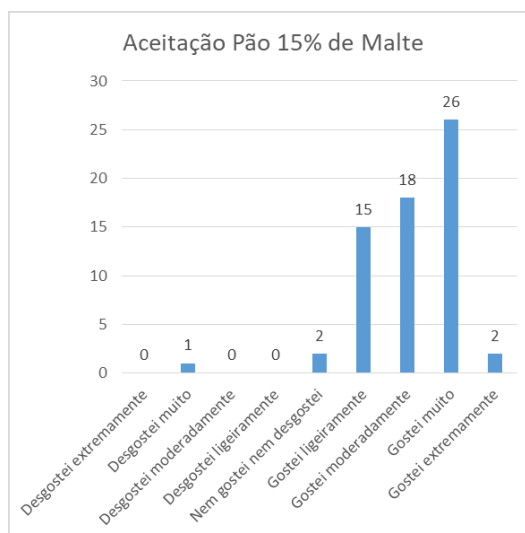


Figura 16. Distribuição da aceitação do Pão de fermentação natural com 15% de bagaço de malte.

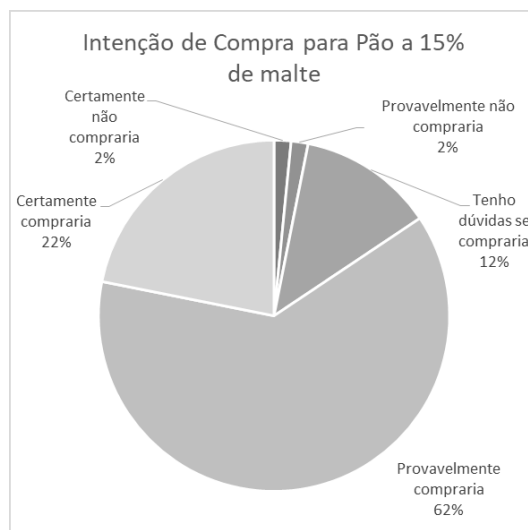


Figura 17. Distribuição da intenção de compra do pão de fermentação natural com 15% de bagaço de malte.

Fonte: Autor

5.5. Análise de Penalidades

A Análise de Penalidades é amplamente utilizada pela indústria alimentícia para desenvolvimento e aprimoramento de seus produtos. Esta metodologia apresenta de forma ordenada os atributos que mais impactaram negativamente na aceitação do produto por parte do público consumidor, provendo assim um direcionamento acerca das características que precisam ser melhoradas ou alteradas.

A **Figura 18** apresenta o quanto e como cada atributo impactou na aceitação. No pão com 5% de malte os atributos de cor da casca, aroma global e textura da casca não foram significativos para influenciar a aceitação negativamente. No entanto, a cor do miolo foi considerada muito clara pelos avaliadores e teve impacto negativo na aceitação. Isto pode se dever à expectativa dos consumidores de um miolo mais escuro, com traços cor de palha ao avaliar um produto enriquecido com farelo de cereais, e esta formulação possui a menor concentração do bagaço de malte (5%). A moagem com menor granulometria da farinha de bagaço de malte pode contribuir para a melhoria deste atributo – com as partículas menores e mais bem distribuídas, a cor do miolo provavelmente ficará mais escura.

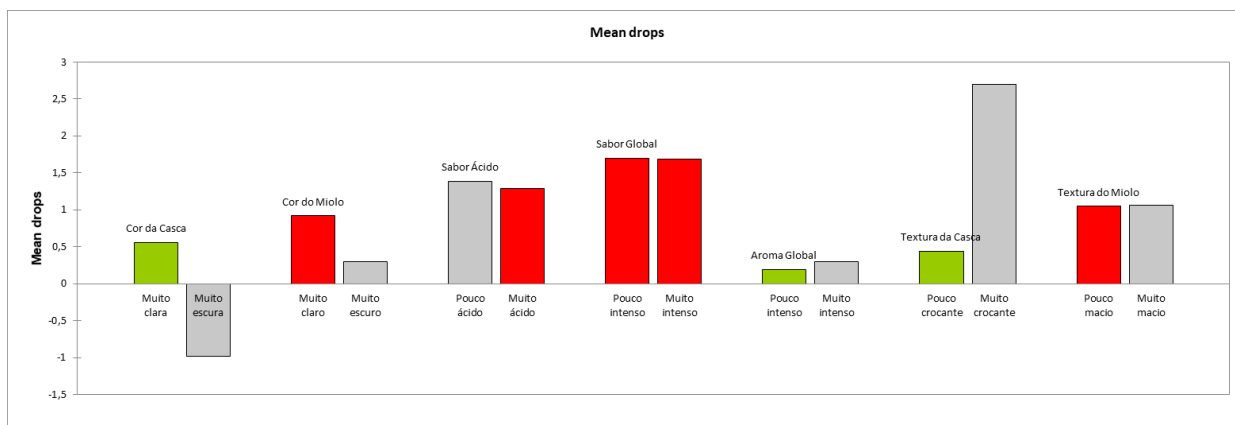


Figura 18. Gráfico de Queda da Média de Aceitação por Atributo, para pão com 5% de bagaço de malte.

*Cinza: o dado não atinge o limite de 20%. Verde: não é significativo; Vermelho: é significativo.

O Sabor Ácido também foi apontado como excessivo, sendo significante na queda da aceitação. É esperado que o sabor ácido seja acentuado em pães de fermentação natural, pela presença de bactérias ácido-láticas durante a fermentação (REHMAN, PATERSON e PIGGOTT, 2006), e neste caso, há menor quantidade de bagaço de malte, que em maiores concentrações pode mascarar o sabor ácido pela presença de amido residual (que aumenta o sabor doce) e pelo sabor do próprio bagaço. Neste caso pode ser alterado o tempo e temperatura de fermentação do produto, que foi de 24 horas, para um período mais curto, cuja fermentação não resulte em um pão com sabor ácido pronunciado, mas apenas presente.

Em relação ao sabor global, a análise de penalidades aponta que este atributo penalizou a média pelo volume de respostas tanto “mais intenso que o ideal”, o que provavelmente se refere ao Sabor Ácido, quanto por “menos intenso que o ideal”, o que permite inferir que o sabor tradicional de um pão estava menos intenso do que o esperado pelo quadro.

A textura do miolo também penalizou a aceitação, pela quantidade de respostas que consideravam este atributo “pouco macio”. Como trata-se de um pão com alta hidratação (65%), o amido da farinha de trigo do miolo apresenta maior percentual de gelatinização, resultando em um miolo com aparência mais gelatinosa, em contraposição ao miolo opaco normalmente obtido com pães de pouca hidratação, como o francês, com 55% de água (ARENDRT, RYAN e BELLO, 2007). Conhecida a preferência nacional pelo pão francês (ABIP, 2018), é de se esperar que os avaliadores o tomem como referência de textura do miolo.

Dentre os atributos que mais penalizaram o produto (

), isto é, os mais significativos para o escore estar longe do ideal (JAR), em primeiro e segundo lugar estão Sabor Global e Sabor Ácido, o que pode indicar uma correlação: a avaliação do sabor global recebeu avaliações mais distantes da ideal devido à presença excessiva de sabor ácido. A textura e cor do miolo foram os dois atributos que menos influenciaram negativamente a aceitação por parte dos consumidores.

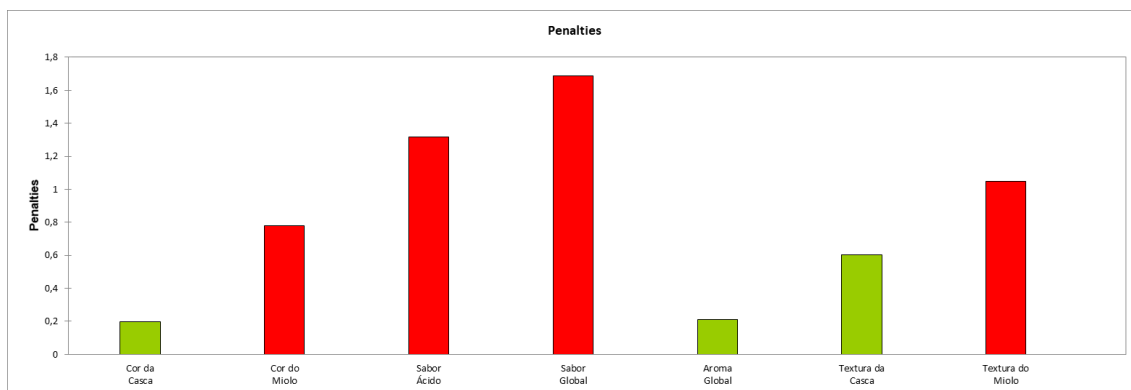


Figura 19. Gráfico de Penalidades por Atributo para pão com 5% de bagaço de malte.

* Verde - não significativo/Vermelho - significativo.

Em síntese, para melhorar sua aceitação, o pão de fermentação natural com 5% de malte deve ser menos ácido, com miolo mais escuro e mais macio.

A formulação com 10% de malte (Figura 20) apresenta uma semelhança com o pão feito com 5% de malte: o sabor mais ácido que o ideal impactou negativamente na aceitação. No entanto, o sabor global não foi significativo para queda da média, assim como os atributos Aroma Global, Textura da Casca e Textura do Miolo.

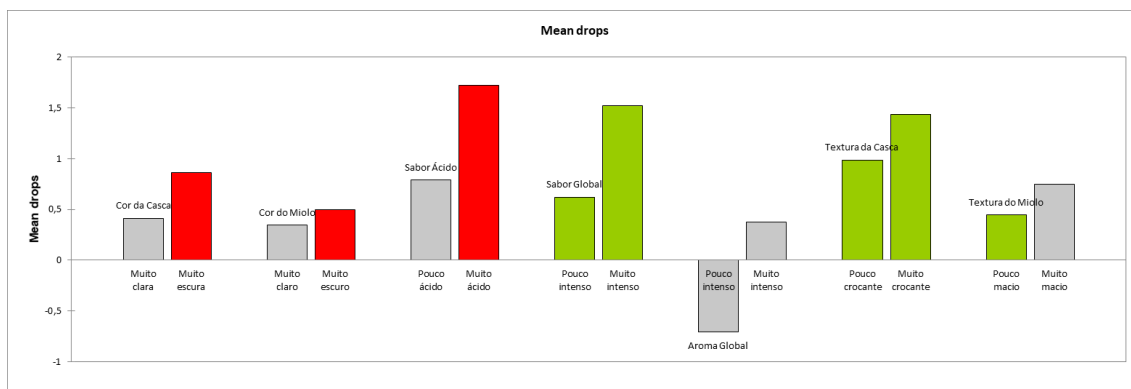


Figura 20. Gráfico de Queda da Média de Aceitação por Atributo, para pão com 10% de bagaço de malte.

*Cinza: o dado não atinge o limite de 20%. Verde: não é significativo; Vermelho: é significativo.

A cor da casca muito escura foi o segundo atributo mais significativo para redução da aceitação do produto. É sabido que a padronização de pães no Brasil considera a cor da casca (ou crosta) muito mais clara do que em países da Europa, por questões de preferência do mercado consumidor (ABIP; ITCP; SEBRAE, 2015). Para reduzir o impacto deste atributo, basta reduzir o tempo de forno da preparação.

O atributo da cor do miolo muito escura impactou negativamente na aceitação do produto. Como o pão feito com formulação de 5% foi penalizado pela cor do miolo ser muito clara, uma formulação com percentual intermediário (entre 5% e 10%) de bagaço de malte pode ter sua aceitação aumentada.

O atributo que mais penalizou a aceitação do produto (Figura 21) foi o Sabor Ácido, seguido pelo Sabor Global, o que sugere a mesma correlação apresentada para o pão com 5%: o sabor ácido impacta negativamente na avaliação do sabor global.

A cor e a textura da casca também foram significativas, e estão relacionadas, isto é, com mais tempo de forno, a casca fica mais escura e crocante. Este dado indica a preferência do público consumidor por pães com casca mais clara e menos crocante.

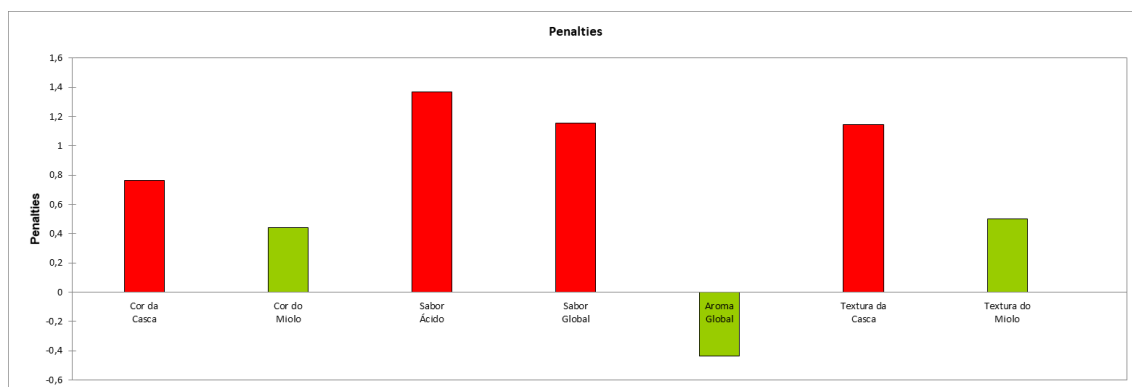


Figura 21. Gráfico de Penalidades por Atributo para pão com 10% de bagaço de malte.

* Verde - não significativo/Vermelho - significativo.

Para o pão formulado com 10% de bagaço de malte possuir melhor aceitação, em resumo, é preciso que se reduza a intensidade do sabor ácido e o tempo de forno, com casca mais clara e macia.

A atributo mais significativo para a o pão com 15% de bagaço de malte (Figura 22) não ter uma melhor aceitação foi a Textura do Miolo. De fato, o bagaço de malte, mesmo que moído, apresenta textura fibrosa e granulosa. O impacto negativo na textura do pão com alto percentual de bagaço de malte também foi descrita por Waters e Jacob (2012). Em consonância com a Textura do Miolo está a Cor do Miolo, cujo impacto

negativo foi significativo, e estas estão relacionadas. Neste caso, pode-se estudar com profundidade o impacto da granulometria do bagaço de malte ou um percentual menor que 10% que promova textura e cor ideal ao miolo.

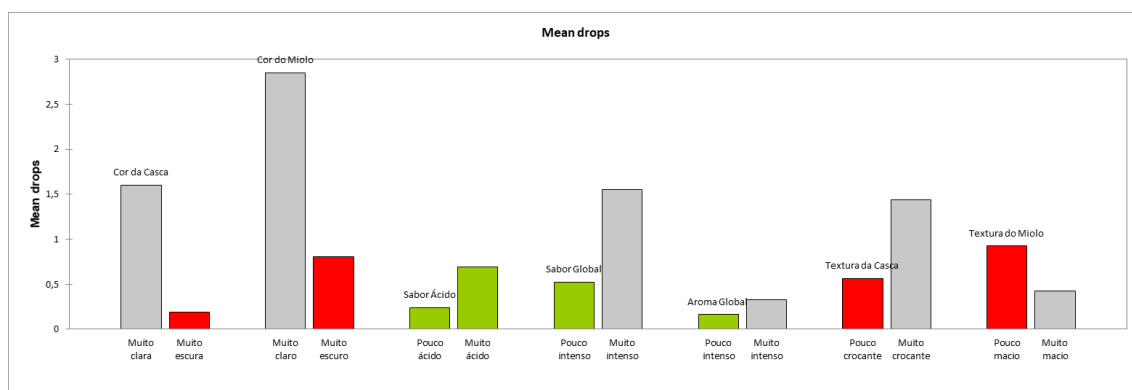


Figura 22. Gráfico de Queda da Média de Aceitação por Atributo, para pão com 15% de bagaço de malte.

*Cinza: o dado não atinge o limite de 20%. Verde: não é significativo; Vermelho: é significativo.

Atributos da casca apresentam significância na aceitação. A textura pouco crocante aliada a casca muito escura sugere que o tempo de resfriamento pode não ter sido suficiente. Uma alteração no método, com menos tempo de forno e mais tempo de resfriamento pode melhorar o escore deste atributo.

Dentre os atributos que mais penalizaram a aceitação (Figura 23), a Cor e Textura do Miolo foram, respectivamente, o primeiro e terceiro mais significativos. Como já discutido acima, este percentual de bagaço de malte (15%) resulta em um produto com miolo mais escuro e textura menos macia do que o público avaliador espera. No que se refere à textura, também deve-se considerar a alta hidratação da formulação, que resulta em um miolo com aspecto gelatinoso, o que pode ter contribuído negativamente.

Em contraposição, no que se refere ao sabor, o sabor ácido não foi significativo, embora o sabor global o seja. Na seção 5.4 Análise Sensorial foi discutido que o sabor ácido fica atenuado não apenas pelo sabor próprio dos componentes principais do bagaço de malte, mas também pelo sabor doce advindo do amido residual presente (MATHIAS, MELLO E SERVULO, 2014). O trabalho de Waters *et al* (2012) obteve os mesmos resultados. A adição de açúcar ou outro ingrediente que contribua com a doçura pode contribuir com a aceitação por parte do público consumidor.

Os atributos de Textura e Cor da Casca também não estão de acordo com o esperado pelo público consumidor. Reiterando o discutido nesta seção, alterações na formulação e no manejo do produto são medidas de provável melhoria da aceitação.

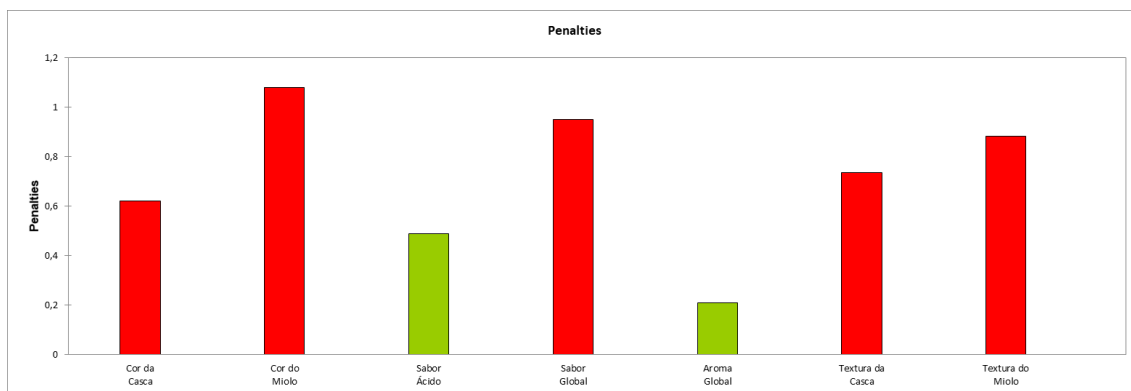


Figura 23. Gráfico de Penalidades por Atributo para pão com 15% de bagaço de malte.

* Verde - não significativo/Vermelho - significativo.

Com os dados apresentados, o pão com 15% de malte pode ser reformulado, apresentando menor granulometria do bagaço de malte, menor hidratação da massa, menos tempo de forno e armazenamento mais adequado às características do produto.

O Quadro 3 reúne os atributos de maior impacto na aceitação para cada formulação.

Quadro 3. Atributos significativos para a aceitação de cada formulação.

	Atributos de Queda na Média de Aceitação, em ordem decrescente.	Atributos de Penalidades, em ordem decrescente.
5%	Sabor mais e menos intenso; Sabor Ácido mais intenso; Textura do Miolo menos macia; Cor do Miolo mais clara;	Sabor Global; Sabor Ácido; Textura Miolo; Cor do Miolo
10%	Sabor Ácido mais intenso; Cor da Casca mais escura; Cor do Miolo mais escura;	Sabor Ácido; Sabor Global; Textura da Casca Cor da Casca;
15%	Textura do Miolo menos macia; Cor do Miolo mais escura; Textura da casca menos crocante; Cor da Casca mais escura;	Cor do Miolo; Sabor Global; Textura do Miolo; Textura da Casca; Cor da Casca;

Dos três pães diferentes avaliados, é notável a presença dos fatores de sabor, em especial do sabor ácido nas formulações com 5% e 10% de malte, embora o pão com 15% também tenha o Sabor Global como penalidade para o público consumidor. Apesar do sabor ácido ser inerente à fermentação natural, para o público avaliador, este atributo deveria ser menos intenso, o que pode ser solucionado com menor tempo de fermentação ou adição de ingredientes de sabor doce. A Textura e Cor do Miolo também estão presentes na síntese dos pontos a serem melhorados nos três pães. Possivelmente o público não tem boa aceitação a pães de alta hidratação, e em comparação, a quantidade ideal de bagaço de malte provavelmente se situa num intermediário 5% (miolo muito claro) e 10% (miolo muito escuro). A Cor e Textura da Casca apresentaram maior penalidade nos pães com maior teor de malte, o que reforça a medida de redução do teor de malte e do tempo de forneamento. Dentre os atributos avaliados, apenas o Aroma Global não teve impacto na aceitação das três formulações.

6. Conclusões

O bagaço de malte é um subproduto da fabricação de cerveja com grandes potenciais de aplicação na alimentação humana, possui custo baixo e agrega componentes nutricionais importantes para a manutenção da saúde humana. No entanto, a pesquisa de campo realizada constatou que 100% do bagaço gerado pelas cervejarias da Região Metropolitana da cidade de Recife/PE é destinado a alimentação animal, de baixo valor agregado.

A Análise Física dos pães apresentou resultados dentro do esperado, isto é, quanto maior o percentual de bagaço de malte adicionado ao pão, menor a altura e o volume do produto pronto (mais denso).

Na Avaliação Sensorial aplicada, os atributos analisados não apresentaram diferenças significativas entre as 3 formulações, bem como a Aceitação e a Intenção de Compra. Entretanto, nota-se que todos os atributos, dentro dos respectivos desvios, atingem o ponto médio da escala do ideal (JAR) e os três pães foram considerados como aceitos sensorialmente. Em termos das médias absolutas, no entanto, a formulação com 15% de bagaço de malte é a mais bem avaliada.

No que se refere às Penalidades, o Sabor Ácido teve impacto central na menor aceitação dos pães, diretamente relacionado portanto com o Sabor Global. Embora este seja um resultado esperado em pães de fermentação natural, foram propostas melhorias como menor tempo de fermentação e adição de ingredientes de sabor doce, a fim de adequar os produtos às expectativas do público consumidor. É notável também a significância da alta hidratação dos pães, incomum nas padarias convencionais, que impactou negativamente na Textura do Miolo das três formulações. A interseção entre sabores e texturas sugerem que a melhor aceitação se dará com um pão formulado com bagaço de malte adicionado entre 5% e 10% do peso de farinha de trigo.

Referências

ABIP. **Balanço e Tendências do Mercado de Panificação e Confeitaria**. ABIP - Associação Brasileira da Indústria de Panificação e Confeitaria. Belo Horizonte, p. 1-52. 2018.

ABIP; ITCP; SEBRAE. **Avaliação dos resultados da pesquisa sobre a qualidade do pão francês , conforme requisitos da norma ABNT 16170**. Belo Horizonte, p. 28. 2015.

AINSWORTH, P.; IBANOGLU, S.; STOJCESKA, V. Effect of brewers spent grain addition and screw speed on the elected physical and nutritional properties of an extruded snack. **Journal of Food Engeneering**, 2007. 702-709.

ALIYU, S.; BALA, M. Brewer's spent grain: A review of its potentials and. **African Journal of Biotechnology**, 2011. 324-331.

ALVARENGA, D. Número de Cervejarias no Brasil quase dobra em 3 anos e setor volta a criar empregos. **G1 - PME**, 2018. Disponível em: <<https://g1.globo.com/economia/pme/noticia/numero-de-cervejarias-no-brasil-quase-dobra-em-3-anos-e-setor-volta-criar-empregos.ghtml>>. Acesso em: 11 janeiro 2019.

APLEVICZ, K. S. Fermentação Natural em Pães: Ciência ou Modismo. **Aditivos & Ingredientes**, p. 36-38, 2013.

ARENDE, E.; RYAN, L.; BELLO, F. Impact of sourdough on the texture of bread. **Food Microbiology**, 2007. 165-174.

BAMFORTH, C. **Grape vs. Grain: A historical, technological and social comparison of wine and beer**. São Paulo: Cambridge University Press, 2008.

BARBOSA, Liane M. V.; Freitas, Renato J. S.; Waszczynskyy, Nina. **Desenvolvimento de produtos e Análise Sensorial**. Revista Brasil Alimentos, nº18, p. 34-36. 2003.

BRANDT, M. Industrial production of sourdoughs for the baking branch - n overviwe. **International Journal of Food Microbiology**, 2018.

BRASIL. Portaria nº27, de 13 de janeiro de 1998. **Diário Oficial da União**, Brasília-DF, 16 janeiro 1998.

BRASIL. Resolução RDC nº 360, de 23 de dezembro de 2003. **Diário Oficial da União**, Brasília-DF, 23 dezembro 2003.

BRASIL. Instrução Normativa 8/2005. **Diário Oficial da União**, Brasília - DF, 03 junho 2005a.

BRASIL. Resolução de Diretoria Colegiada - RDC nº263, de 22 de de setembro de 2005. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 23 set 2005b.

BRASIL. DECRETO Nº 6.871, DE 4 DE JUNHO DE 2009. **Diário Oficial da União**, Brasília - DF, junho abr. 2009.

CANELLA-RAWLS, S. **Pão - Arte e Ciência**. 5ª. ed. São Paulo: Senac , 2005.

CAUVAIN, S.P.; YOUNG , L.S. **Tecnologia da Panificação**. São Paulo: Editora Manole, 2009. 418p.

CERVBRASIL. **Anuário**, 2016. Disponível em: <http://www.cervbrasil.org.br/novo_site/anuarios/CervBrasil-Anuario2016_WEB.pdf>. Acesso em: 4 out 2018.

CERVBRASIL. Dados do Setor Cervejeiro Nacional. **CERVBRASIL**, 2019. Disponível em: <http://www.cervbrasil.org.br/novo_site/dados-do-setor/>. Acesso em: 11 janeiro 2019.

DUTCOSKY, S. D. **Análise Sensorial de Alimentos**. Curitiba: Editora Champagnat, 2013.

EMBRAPA. **Trigo no Brasil: História e Tecnologia de Produção**. Passo Fundo, RS: Embrapa, 2001.

FAGUNDES, H. Seis mil anos de pão: a importância do pão para a humanidade. **Aventuras na História**, 2017. Disponível em: <<https://aventurasnahistoria.uol.com.br/noticias/acervo/seis-mil-anos-pao-importancia-pao-humanidade-680769.phtml>>. Acesso em: 10 jan 2019.

HANSEN, A.; SCHIEBERLE, P. Generation of aroma compounds during sourdough fermentation: applied and fundamental aspects. **Trends in food science & technology**, 2005. 85-94.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

KALANTY, M. **Como assar pães: as cinco famílias de pães**. São Paulo: Senac, 2012.

KATINA, K. et al. Potencial of sourdough for healthier cereal products. **Trends in food science & technology**, 2005. 104-112.

KTENIOUDAKI, A.; O'SHEA, N.; GALLAGHER, E. Rheological properties of wheat dough supplemented with functional by-products of food processing: Brewer's spent grain and apple pomace. **Journal of food Engineering**, 2013. 362-368.

LYNCH, K. M.; STEFFEN, E. J.; ARENDT, E. K. Brewers' Spent Grain: A Review with an Emphasis on Food and Health. **Journal of the Institute of Brewing**, v. 122, n. 4, p. 553-568, 2016.

MARCUSSO, E. F. **As Microcervejarias no Brasil: Sustentabilidade e Territorialidade (Dissertação de Mestrado)**. Universidade Federal de São Carlos. Sorocaba. 2015.

MARTINBIANCO, F. et al. Avaliação Sensorial de Pães de fermentação natural a partir de culturas starters inovadoras. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 9, p. 1701-1706, setembro 2013.

MARTINS, L. F.; PANDOLFI, M. A.; COIMBRA, C. Análise dos Indicadores do Mercado Cervejeiro Brasileiro. **IV SIMTEC**, Taquaritinga - SP, v. 4, n. 1, 14 maio 2018.

MATHIAS, T. R. S.; MELLO, P. P. M.; SERVULO, E. F. C. **Caracterização de Resíduos Cervejeiros**. XX COBEQ - Congresso Brasileiro de Engenharia Química. Florianópolis: Anais. 2014. p. 1-8.

MATHIAS, T.; MELLO, P.; SÉRVULO, E. Solid Wastes in brewing process: a review. **Journal of Brewing and Distilling**, Rio de Janeiro, julho 2014. 9.

MATTOS, C. **Desenvolvimento de um pão fonte de fibras a partir do bagaço do malte**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2010.

MATTOS, L. L.; MARTINS, I. S. Consumo de fibras alimentares em população adulta. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 34, n. 1, p. 50-55, fevereiro 2000.

MÜLLER, C. V.; MARCUSSO, E. F. **A Cerveja no Brasil: Ministério da Agricultura informando e esclarecendo**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. [S.I.]. 2017.

MÜLLER, C. V.; MARCUSSO, E. F. **Anuário da Cerveja no Brasil**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. . 2018.

ÖZVURAL, E. B.; GÖKBULUT, I.; ÖZBOY-ÖZBAS, Ö. Utilization of brewer's spent grain in the production of frankfurters. **Internacional Journal Food Science Technology**, 2009. 1093-1099.

PLESSAS, S. et al. Immobilization of kefir and *Lactobacillus casei* on brewery spent grains of use in sourdough wheat bread making. **Food Chemistry**, 2007. 187-194.

REHMAN, S.-U.; PATERSON, A.; PIGGOTT, J. Flavour in sourdough breads: a review. **Trends in Food Science & Technology**, 2006. 557-566.

SANTOS, M. S. **Cervejas e Refrigerantes**. São Paulo: CETESB, 2005.

SEBRAE. **Estudo de Mercado - Indústria: Panificação**. Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas Bahia. Salvador, p. 1-45. 2017.

SILVA, A. C. C. et al. Alimentos contendo ingredientes funcionais em sua formulação: revisão de artigos publicados em revistas brasileiras. **Revista Conexão Ciência**, v. 11, n. 2, p. 133-144, 2016.

SILVA, P. F. Malte de Cevada. **Nutriagro**, 2019. Disponível em: <<https://nutriagro.weebly.com/malte-de-cevada.html>>. Acesso em: 18 janeiro 2019.

STOJCESKA, V. et al. The recycling of brewing processing by-product into ready-to-eat snacks using extrusion technology. **Journal Cereal Sci**, 2008. 469-479.

STOJCESKA, V.; AINSWORTH, P. The effect of different enzymes on the quality of high-fibre enriched brewer's spent grain breads. **Food Chemistry**, 2008. 865-872.

VIANNA, F. S. V. **Manual prático de panificação SENAC**. São Paulo: SENAC, 2018.

VUYST, L. D.; VANCANNEYT, M. Biodiversity and identification of sourdough acid lactic bacteria. **Food Microbiology**, 2007. 120-127.

WATERS, D. M. et al. Fibre, protein and mineral fortification of wheat bread through milled and fermented brewer's spent grain enrichment. **European Food Research Technology**, 2012. 767-778.

XLSTAT. Penalty Analysis. **XLSTAT**, 2019. Disponível em: <<https://www.xlstat.com/en/solutions/features/penalty-analysis>>. Acesso em: 23 janeiro 2019.

Apêndice I

Formulário Pesquisa de Campo

Pesquisa Destinação de Resíduos

*Obrigatório

1. Nome da Cervejaria (opcional)

2. Capacidade Produtiva aproximada, em litros

3. Quantidade de malte de cevada adquirida mensalmente, em quilogramas *

4. Quantidade mensal de bagaço de malte, em quilogramas *

5. Destinação do bagaço de malte *

Marque todas que se aplicam.

- Doação
- Descarte em lixo comum
- Venda
- Outro: _____

6. Aplicação do Bagaço de Malte no receptor/comprador

Marque todas que se aplicam.

- Alimentação Animal
- Produção de Energia por Queima
- Alimentação Humana
- Outro: _____

7. Outros cereais/ingredientes utilizados na produção, que geram bagaço

Marque todas que se aplicam.

- Trigo
- Aveia
- Milho
- Centeio
- Arroz
- Outro: _____

8. Se possível, descreva mais sobre a destinação e aplicação do bagaço de malte. Se desejar, faça outros comentários.

Apêndice II

Ficha de Avaliação Sensorial

Avaliação Sensorial de Pão de Fermentação Natural com Grãos de Malte

Nome: _____ Amostra: 937

Você está recebendo uma amostra de **Pão de Fermentação Natural com Grãos de Malte**. Por favor, avalie o produto nos diversos aspectos solicitados.

▪ Com relação à cor da casca:

Muito mais clara que o ideal Mais clara que o ideal Na cor ideal Mais escura que o ideal Muito mais escura que o ideal

▪ Com relação à cor do miolo:

Muito mais claro que o ideal Mais claro que o ideal Na cor ideal Mais escuro que o ideal Muito mais escuro que o ideal

▪ Com relação ao sabor ácido:

Muito menos ácido que o ideal Menos ácido que o ideal Ideal Mais ácido que o ideal Muito mais ácido que o ideal

▪ Com relação ao sabor global:

Muito menos intenso que o ideal Menos intenso que o ideal Ideal Mais intenso que o ideal Muito mais intenso que o ideal

▪ Com relação ao aroma global:

Muito menos intenso que o ideal Menos intenso que o ideal Ideal Mais intenso que o ideal Muito mais intenso que o ideal

▪ Com relação à textura da casca:

Muito menos crocante que o ideal Menos crocante que o ideal Ideal Mais crocante que o ideal Muito mais crocante que o ideal

▪ Com relação à textura do miolo:

Muito mais macio que o ideal Menos macio que o ideal Ideal Mais macio que o ideal Muito mais macio que o ideal

▪ De modo geral, indique seu nível de aceitação ao produto:

Desgostei extremamente Desgostei muito Desgostei moderadamente Desgostei ligeiramente Nem gostei e nem desgostei Gostei ligeiramente Gostei moderadamente Gostei muito Gostei extremamente

▪ De modo geral, indique sua intenção de compra para o produto:

Certamente não compraria Provavelmente não compraria Tenho dúvidas se compraria Provavelmente compraria Certamente compraria

Comentários:
