



OPORTUNIDADES DE VALORIZAÇÃO DOS  
RESÍDUOS DE PANIFICAÇÃO EM GRANDES  
CIDADES BRASILEIRAS: UM ESTUDO DE  
CASO DO RIO DE JANEIRO

Eduardo Martins Neto

Monografia em Engenharia Química

Orientadores:

Prof. Bettina Susanne Hoffmann, D.Sc.

Prof. Fábio de Almeida Oroski, D.Sc.

Janeiro de 2020

# **OPORTUNIDADES DE VALORIZAÇÃO DOS RESÍDUOS DE PANIFICAÇÃO EM GRANDES CIDADES BRASILEIRAS: UM ESTUDO DE CASO DO RIO DE JANEIRO**

*Eduardo Martins Neto*

Monografia de Final de Curso submetida ao Corpo Docente da Escola de Química, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Engenheiro Químico.

Aprovado por:

---

Ana Lúcia do Amaral Vendramini, *D.Sc.*

---

Eveline Lopes Almeida, *D.Sc.*

---

Marcelo Mendes Viana, *D.Sc.*

Orientado por:

---

Bettina Susanne Hoffmann, *D.Sc.*

---

Fábio de Almeida Oroski, *D.Sc.*

Rio de Janeiro, RJ - Brasil

Janeiro de 2020

Neto, Eduardo Martins

Oportunidades de valorização de resíduos de panificação em grandes cidades brasileiras: um estudo de caso do Rio de Janeiro/ Eduardo Martins Neto – Rio de Janeiro: UFRJ/EQ, 2020.

XII, p.70; il.

(Monografia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, 2020.

Orientadores: Bettina Susanne Hoffmann e Fábio de Almeida Oroski

1. Valorização de resíduos. 2. Resíduos de panificação. 3. Padarias em grandes cidades brasileiras. 4. Monografia de Curso (Graduação – UFRJ/EQ) 5. Bettina Susanne Hoffmann e Fábio de Almeida Oroski I. Oportunidades de valorização de resíduos de panificação em grandes cidades brasileiras: um estudo de caso do Rio de Janeiro.

## **Dedicatória**

*Ao meu pai (in memoriam) e à minha mãe.*

## **Citação**

*Estamos em risco de nos destruir por conta de nossa cobiça e estupidez.  
Não podemos permanecer olhando para dentro de nós em um planeta pequeno e  
crescentemente poluído e superpovoado.  
Stephen Hawking*

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, queria agradecer aos Professores e Orientadores Fábio e Susanne pelo incentivo, contribuições, recomendações e liberdade durante a elaboração deste trabalho, além da confiança, seriedade e paciência. Esta monografia tomou forma graças a eles.

Ao meu pai Eduardo, por sempre me dar asas para voar para onde sonhasse ir, e à minha mãe Janaína, por sempre ser um porto seguro para quando eu voltasse. Eu devo tudo da vida a vocês.

Aos meus familiares, em especial minha vó Norma, meus tios Marcia, Mario e Stella e meus primos André e Lívia, por confiarem irrestritamente em minha capacidade e por apoiarem minha vida pessoal sempre que precisei.

Aos meus amigos, em especial Adison, Alessandro, Alvaro, Cadu, Fernandas, Felipe, Gabrielas, Helena, João Pedro, Luana, Luiz Felipe, Matheus, Oldemar, Paola, Pedro, Rodrigo, Sérvulo e Veronice por acreditarem e me fazerem acreditar em mim, por perceberem quando estive pior e me ajudarem a me levantar nos momentos de fraqueza, por fornecerem o que precisei para o meu sucesso, por exigirem o que sabiam que eu poderia dar de melhor e por comemorarem comigo minhas conquistas. Vocês são presentes que ganhei durante minha vida.

À Legado Consultoria Júnior e todos os membros que participaram da empresa comigo por me desenvolverem enquanto ser humano e profissional.

Ao corpo da Escola de Química e do Centro de Tecnologia, seja docentes, discentes, técnicos, permissionários ou terceirizados, por me fornecerem condições básicas de aprendizado apesar dos desafios dos dias atuais.

E a todos aqueles que, de alguma forma, permitiram que este trabalho se concretizasse.

Resumo da Monografia de Final de Curso apresentado à Escola de Química como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Engenheiro Químico.

## **Oportunidades de valorização de resíduos de panificação na cidade do Rio de Janeiro**

Eduardo Martins Neto

Janeiro, 2020

Orientadores: Prof. Bettina Susanne Hoffmann, D.Sc.  
Prof. Fábio de Almeida Oroski, D.Sc.

Em um mundo em que 1,3 bilhões de toneladas de alimentos por ano são descartados e 820 milhões de pessoas passam fome diariamente, conclui-se que o sistema alimentar mundial distribui de maneira desigual o alimento. O pão é um alimento tradicional em muitas culturas, o que se reflete em 90,8 milhões de toneladas desperdiçadas ao ano de panificados. Muito se fala em distribuir os excedentes de produção prioritariamente àqueles que precisam, conforme o *Food Recovery Hierarchy*. Esta opção, todavia, nem sempre é vantajosa economicamente, é dificultada por restrições legais, e não é possível para alimentos fora da validade. Neste sentido, é importante buscar formas de reaproveitar este resíduo para evitar que eles sejam descartados como lixo comum. Este trabalho visa mapear e classificar as oportunidades de reaproveitamento dos resíduos e excedentes nas etapas de produção, distribuição até a venda da cadeia de panificação de acordo com a realidade da cidade do Rio de Janeiro. Ele atua de duas formas nesta questão. Para entender o montante desperdiçado nas padarias da cidade e como ele é destinado, o estudo consulta algumas padarias localizadas na cidade por meio de entrevistas semiestruturadas. Em seguida, buscam-se novas oportunidades de valorizar o resíduo de panificação por meio de pesquisa bibliográfica. Com estes dados, faz-se uma análise qualitativa de quais seriam as melhores tecnologias a ser aplicadas no contexto da cidade do Rio de Janeiro. Como resultado, este trabalho descobriu que as padarias direcionam atualmente o excedente de produção para ração animal, reprocessamento em outros tipos de panificado e doação para consumo humano. A pesquisa bibliográfica retornou quinze produtos que podem ser fabricados a partir do pão desperdiçado e, desta lista, cinco produtos mais adequados para esta destinação no momento foram selecionados com base em uma análise qualitativa de maturidade tecnológica, de demanda e de escala produtiva. São eles ácido láctico, etanol, goma xantana, levedura e metano.

## ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO.....	13
1.1	Contextualização .....	13
1.2	Objetivos.....	17
1.2.1	<i>Objetivo principal</i> .....	17
1.2.2	<i>Objetivos específicos</i> .....	17
1.3	Estrutura do trabalho .....	18
2	METODOLOGIA.....	19
2.1	Revisão Bibliográfica .....	20
2.2	Mapeamento de Padarias na cidade do Rio de Janeiro.....	22
2.3	Pesquisa de mercado.....	23
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	24
3.1	Setor de Panificação no Brasil.....	24
3.2	Alternativas aplicadas para destinação de resíduos de pão .....	28
3.2.1	<i>Aterros e lixões</i> .....	28
3.2.2	<i>Incineração</i> .....	29
3.2.3	<i>Compostagem</i> .....	31
3.2.4	<i>Ração animal</i> .....	32
3.2.5	<i>Incorporação na Produção de Panificados e derivados</i> .....	34
3.2.6	<i>Fermentação de Cerveja</i> .....	35
3.2.7	<i>Ordem de Prioridade</i> .....	36
3.3	Rotas propostas em pesquisas para utilização do excesso de pão .....	38
3.3.1	<i>Ácidos graxos</i> .....	41
3.3.2	<i>Enzimas e Glicose</i> .....	42
3.3.3	<i>Ácido lático</i> .....	44
3.3.4	<i>Etanol</i> .....	44
3.3.5	<i>Hidrogênio</i> .....	45
3.3.6	<i>Goma xantana</i> .....	45
3.3.7	<i>Ácido succínico</i> .....	46
3.3.8	<i>Metano</i> .....	46
3.3.9	<i>HMF</i> .....	47
3.3.10	<i>Compostos voláteis</i> .....	48

3.3.11	<i>Biomassa</i> .....	48
4	SETOR DE PANIFICAÇÃO NA CIDADE DO RIO DE JANEIRO.....	49
4.1	Distribuição de padarias na cidade .....	49
4.2	Padarias artesanais.....	51
4.3	Padarias industriais.....	52
4.4	Padarias em supermercados.....	54
5	OPORTUNIDADES NAS PADARIAS CARIOCAS .....	54
5.1	Dados econômicos dos produtos .....	55
5.2	Viabilidade dos processos de reaproveitamento de resíduos de pães na cidade para a fabricação dos produtos.....	58
6	CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	62
6.1	Conclusões e sugestões para futuros estudos .....	62
6.2	Considerações finais.....	63
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	65

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Cadeia de Valor da Panificação.....	25
Figura 2. Círculos de Valor e valorização de lixo e resíduos.....	34
Figura 3. Diagrama de gestão do lixo alimentar.....	36
Figura 4. Ordem de prioridade da destinação do pão por emissão de gases do efeito estufa.....	37
Figura 5. Diagrama genérico de processo de transformação de resíduos em produtos de interesse.....	43
Figura 6. Mapa de calor das padarias na cidade do Rio de Janeiro.....	49
Figura 7. Divisão de áreas adotada.....	50

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Compilado dos artigos selecionados.....	21
Quadro 2. Lista de padarias entrevistadas.....	23
Quadro 3. Comparativo de tipos de padaria.....	27
Quadro 4. Comparativo entre alternativas de destinação de resíduos de panificação..	37
Quadro 5. Descrição de alternativas para reaproveitamento do pão.....	39
Quadro 6. Análises dos produtos do resíduo de panificação.....	61

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Índice geral de perdas no varejo.....	15
Tabela 2. Dados socioeconômicos e de padarias por região da cidade.....	50
Tabela 3. Dados gerais e de padarias da cidade do Rio de Janeiro.....	51
Tabela 4. Dados relativos ao mercado e síntese de produtos.....	57

# 1 Introdução

## 1.1 Contextualização

A perda e o desperdício de alimentos se tornaram um assunto de grande importância tanto em países desenvolvidos quanto em países em desenvolvimento. O desperdício de alimentos além de ser gerar impactos ambientais significativos, está intimamente ligado ao desafio de se gerar uma oferta suficiente de alimentos diante do crescimento populacional previsto. Segundo a FAO (2013), aproximadamente um terço de todo alimento produzido é desperdiçado, ou o equivalente a 1,3 bilhão de toneladas por ano. Considerando que atualmente 820 milhões de pessoas no mundo passam fome (FAO, 2019) e que a quantidade perdida seria mais que suficiente para alimentar estas pessoas, este desperdício traz consigo um dilema ético.

Ao mesmo tempo, por mais que este problema seja latente, a produção científica em torno desta área foi discreta até a última década, quando a produção de artigos passou a crescer. Entretanto, estudos de mensuração de excedentes ainda são relativamente poucos. Com base no ISI Web of Science, desde 2002 o número de trabalhos científicos que abordam o desperdício de alimentos (*food waste*, em inglês) passou de 64 para 437 por ano, um crescimento de 583% (CHEN, 2015). Este número absoluto ainda é insipiente, sendo que o Brasil sempre esteve fora da lista dos sete países mais produtivos em publicações internacionais sobre desperdício de alimentos.

Uma das principais diretrizes na área foi o “*Food Recovery Hierarchy*”, criada pela Environmental Protection Agency (EPA), ou hierarquia de recuperação de alimentos, em português, que elenca seis medidas em ordem de preferência de como recuperar alimentos. Esta pirâmide leva bastante em conta o ponto de vista da segurança alimentar, priorizando a alimentação humana como destinação prioritária para o excedente gerado pela oferta. Por exemplo, Sesc-RS (2010) apresentou uma iniciativa que atuava na redistribuição de excedentes alimentares de padarias para entidades carentes. Esta opção possui alguns entraves burocráticos, em especial aqui no Brasil, por causa da responsabilização de quem doa o alimento pelas boas condições microbiológicas do alimento. Como parte do excedente não está mais apto ao consumo humano e parte é facilmente degradado no transporte, esta opção nem sempre é viável.

A utilização desta ordem de prioridade vale para o alimento que já foi desperdiçado. Preliminarmente, antes de destinar o desperdício, é essencial evitar que ele ocorra, seja pela diminuição de perdas produtivas ou pelo balanço correto entre produção e demanda. Mylan

(2014), por exemplo, buscou atuar no topo da pirâmide, visando a otimização da cadeia produtiva para reduzir o desperdício.

Todavia, observando o problema pela ótica da análise do ciclo de vida (predominantemente ambiental) e pela análise econômica, em muitos casos, a ordem da pirâmide pode se inverter. Por isso, a ordem proposta não é predominantemente seguida na prática.

Dentre os diversos gêneros alimentares, os cereais e os produtos da panificação apresentam características especiais que os tornam extremamente relevantes neste cenário. Como produtos de panificação este trabalho define todas as variedades de pães, sendo assim excluídos bolos e biscoitos. Eles são considerados um dos mais antigos, senão o mais antigo alimento processado e é um dos alimentos de primeira necessidade mais consumidos pela humanidade. Sua produção é tradicionalmente baseada em farinha derivada do trigo.

Os pães possuem baixo valor agregado, e em geral, os consumidores perdem o interesse neles muito rapidamente, pois suas características sensoriais se modificam em pouco tempo. Os produtos fabricados para o mercado local, sem adição de conservantes, duram no máximo uma semana, enquanto a produção em grande escala, feita com conservantes, pode chegar a no máximo dois meses, dependendo do tipo de produto e do processo adotado (PASQUALONE, 2019). Vale destacar que, quando desperdiçado, as suas características nutritivas ainda podem estar preservadas e o produto ainda pode estar apto para consumo, o que abre uma série de oportunidades de reaproveitamento.

Ao mesmo tempo, a estimativa de demanda, em especial em estabelecimentos pequenos, não é muito acurada, ainda mais considerando a alta volatilidade ligada a diversos fatores que influenciam na variação do interesse dos clientes. Essa volatilidade geralmente causa uma alta geração de resíduos.

Em consonância com estas características dos panificados, os estudos mostram que em supermercados e outros estabelecimentos varejistas, por exemplo, a perda de panificados (4,12% sobre faturamento bruto) é muito alta em comparação com outras classes de produtos alimentícios (1,89% de perdas totais), junto com frutas, legumes e verduras, e comidas prontas (ABRAS, 2019). Apesar de os resíduos de panificação apresentarem grande participação no volume de desperdício, dado o seu baixo valor agregado, estes não são vistos como grandes gargalos para as empresas pelos respectivos proprietários.

Tabela 1 – Índice geral de perdas no varejo (ABRAS, 2019)

Setores	Faturamento Bruto			Faturamento Líquido		
	Perda Identificada	Perda não identificada	Quebras + Perdas	Perda Identificada	Perda não Identificada	Quebras + Perdas
Geral	0,99%	0,90%	1,89%	1,10%	0,98%	2,07%
<b>Perecíveis</b>						
Padaria e confeitaria	2,44%	1,68%	4,12%	3,18%	1,67%	4,85%
Peixaria	2,45%	1,59%	4,04%	2,48%	2,18%	4,66%
Carnes	1,22%	1,61%	2,83%	1,83%	1,31%	3,13%
Rotisseria / Comidas prontas	4,18%	1,34%	5,52%	4,08%	1,99%	6,07%
Congelados	0,96%	0,82%	1,78%	1,31%	0,67%	1,98%
FLV	2,75%	2,79%	5,54%	4,27%	1,50%	5,77%
Demais perecíveis	1,30%	1,13%	2,42%	1,10%	1,63%	2,73%
<b>Não Perecíveis</b>						
Mercearia líquida	0,37%	0,39%	0,76%	0,44%	0,45%	0,89%
Mercearia seca	0,62%	0,43%	1,05%	0,64%	0,67%	1,30%
Limpeza em geral	0,34%	0,60%	0,94%	0,51%	0,47%	0,98%
Higiene e perfumaria	0,54%	0,95%	1,49%	0,51%	1,11%	1,62%
Bazar	0,47%	0,81%	1,28%	0,48%	0,99%	1,47%
Eletroeletrônicos	0,24%	0,18%	0,43%	0,33%	0,15%	0,48%
Têxtil	0,11%	0,64%	0,74%	0,17%	0,70%	0,86%
Pet	0,50%	0,26%	0,77%	0,71%	0,26%	0,98%
Outros	1,22%	0,24%	1,46%	1,02%	0,50%	1,52%

Em 2004, a perda de pães globalmente ficou em torno de 90,8 milhões de toneladas (ANON, 2011), se posicionando entre os três maiores grupos de alimentos desperdiçados em países desenvolvidos (MELIKOGLU, 2013). Na Inglaterra, 40% do pão produzido é perdido, sendo que uma pequena parcela é devido à degradação microbiana (MELIKOGLU, 2008). Uma pesquisa feita por Cicatiello (2017) corrobora a gravidade, mostrando que os artigos de panificação representaram 30% da massa total perdida na distribuição (ou 7% do total de pão à venda). Fazendo o estudo em uma loja na Itália, notou-se que os produtos da área de panificação contavam com 31% do desperdício em massa e 13% do valor total das perdas na distribuição.

O tamanho deste desperdício no caso de panificadoras brasileiras não é abordado de maneira específica na literatura. Por estes motivos, este trabalho vê como importante tarefa olhar para o problema do desperdício nas panificadoras brasileiras e como este desperdício está sendo tratado atualmente.

Em geral, diversos comportamentos podem contribuir para aumentar o desperdício. Segundo Porpino (2018), no Brasil existe uma ligação ideológica muito forte entre riqueza, fartura e frescor. Tanto para os consumidores quanto para os distribuidores, o excesso de comida à “mesa” denota bonança, o que faz com que as prateleiras e os carrinhos de compra vivam cheios de produtos que serão comprados ou consumidos. A mesma lógica se dá com o pão, onde a preferência do consumidor se volta para o pão “quentinho”, enquanto as sobras de cada fornada se acumulam.

No Brasil, são consumidos 22,61 kg de pães por ano per capita, logo esta é uma importante fonte alimentar do brasileiro (SEBRAE, 2017). Este mercado é composto por um número crescente de players que tornam o consumo mais pulverizado em cadeias de suprimento diferentes. Apresentam-se como concorrentes às tradicionais revendas e produção local em padarias, a cadeia de pães congelados e a produção própria em novos pontos de venda, como mercados e atacarejos<sup>1</sup>. A produção própria continua dominando as vendas com 66,39% de participação, contudo a diversificação crescente em canais de venda tende a tornar o setor mais complexo (ABIP, 2019).

Quando se abordam as perdas em cadeias produtivas, é importante notar que estas podem ocorrer em etapas distintas. De maneira resumida, as matérias-primas são armazenadas, levadas à produção, o produto é armazenado, distribuído, vendido e finalmente consumido. Em cada

---

<sup>1</sup> Atacarejos são estabelecimentos que reúnem atributos de duas formas tradicionais de comercialização: atacado e varejo. No mesmo local, é possível realizar a compra em grandes ou pequenas quantidades. O atacarejo foca em preços baixos, com alto volume de vendas e união dos pontos de distribuição e de venda.

uma destas etapas está associada uma perda (ou desperdício) que, quando somadas, constituem a perda total de alimento na cadeia.

O conceito de perda e desperdício pode variar bastante dependendo de normas, de países e do autor do estudo em questão. Para fins deste artigo, as perdas se definem para o alimento que não segue a cadeia produtiva até a distribuição. Já o desperdício é usado para alimentos descartados nas etapas de varejo e consumidor (FAO, 2011).

Este estudo foca em explorar a cadeia a partir da produção dos panificados até o momento da sua venda, portanto a participação do consumidor não está sendo levada em conta, apesar de ser potencialmente muito relevante. Esta análise não foi realizada pela dificuldade em obter dados confiáveis destas fontes para o caso brasileiro.

## **1.2 Objetivos**

### 1.2.1 Objetivo principal

Este trabalho visa mapear e abordar as oportunidades pesquisadas em todo o mundo de reaproveitamento dos resíduos e excedentes gerados nas etapas de produção, distribuição e comercialização da cadeia de panificação. Em seguida, o estudo se volta a entender quais destas soluções podem ser aplicadas em cidades de grande porte como o Rio de Janeiro. Estas cidades apresentam grande densidade e quantidade de padarias que forneceriam estes resíduos e excedentes às indústrias de reaproveitamento. O Rio de Janeiro, enquanto sede do trabalho e segunda maior metrópole brasileira, representa bem este tipo de cidade.

### 1.2.2 Objetivos específicos

Este estudo possui três objetivos específicos (OE):

OE 1: O primeiro objetivo visa, através de uma revisão bibliográfica em artigos científicos, mapear os destinos típicos e as possíveis aplicações e tecnologias envolvidas para o reaproveitamento de pães, além de identificar a sua maturidade tecnológica.

OE2: O segundo objetivo específico consiste em responder com base em dados primários coletados em padarias da cidade do Rio de Janeiro, qual a relevância do desperdício de panificados. Assim, busca-se saber se o desperdício de pães se constitui um problema relevante para as empresas e para uma cidade de grande porte como o Rio de Janeiro, identificando o seu tamanho.

OE3: O terceiro objetivo específico busca analisar, no contexto da cidade do Rio de Janeiro, como aplicar as inovações encontradas na literatura, entendendo os principais desafios tecnológicos e não tecnológicos associados.

Uma contribuição relevante deste trabalho consiste em servir como base para o desenvolvimento de pesquisas na área no Brasil. Os dados coletados poderão ser aprofundados por diversos ramos, como análise do ciclo de vida das oportunidades, medidas de redução do desperdício dentro da cadeia produtiva, e sugestão de novas ideias para reaproveitamento. As informações obtidas neste estudo podem servir como parâmetro para outras regiões metropolitanas do Brasil com características socioeconômicas similares às da fluminense.

### **1.3 Estrutura do trabalho**

Esta monografia está organizada em sete capítulos: Introdução, Metodologia, Revisão Bibliográfica, Tecnologias aplicadas à panificação, Setor de panificação na cidade do Rio de Janeiro, Oportunidades nas panificadoras cariocas e Conclusão.

A introdução auxilia na contextualização do trabalho, apresentando seus objetivos principal e específicos, além das justificativas e contribuições esperadas. O capítulo de metodologia busca descrever como o conteúdo desta monografia foi elaborado. Em seguida, a revisão bibliográfica traz um panorama da cadeia de panificação no Brasil e contextualizada de maneira generalista como os resíduos em geral são tratados.

O terceiro capítulo aborda de maneira específica o resíduo do pão e como este pode ser destinado para o reaproveitamento das suas características. As oportunidades se aplicam dentro e fora das padarias, e variam desde escala laboratorial a comercial .

O quarto capítulo traz os resultados do mapeamento de padarias localizadas na cidade do Rio de Janeiro e os resultados obtidos com as entrevistas semiestruturadas. A partir destas informações o setor foi devidamente caracterizado e foram realizadas estimativas sobre o desperdício de pães na cidade.

O penúltimo capítulo visou entender quais oportunidades de reaproveitamento dos resíduos teriam o maior potencial para aplicação em uma cidade de grande porte como o Rio de Janeiro. Para isso, suas vantagens competitivas, desafios tecnológicos e não tecnológicos foram apontados. Em associação com as informações coletadas nos capítulos anteriores foi realizada uma interpretação para indicar, em uma análise qualitativa, quais seriam as melhores opções para o caso.

A conclusão traz os principais resultados do trabalho em relação a seus objetivos propostos, incluindo reflexões sobre os principais desafios relacionados ao aproveitamento desse tipo de resíduo alimentar. No final, são propostas sugestões de trabalhos futuros para que o tema tenha prosseguimento .

## **2 Metodologia**

Para atender ao objetivo principal proposto, esta monografia se apoia basicamente em pesquisas exploratórias de base qualitativa e de campo, seguindo duas frentes principais: mapeamento, análise e coleta de padarias do Rio de Janeiro; e revisão bibliográfica.

A primeira frente pretende entender a distribuição e a caracterização das panificadoras na cidade do Rio de Janeiro. A caracterização permite segmentar o setor em busca de encontrar formas de produção, comercialização e portfólio de produtos similares que permitem ter uma visão detalhada da área. A cidade foi selecionada por ter sido o local onde o trabalho foi realizado. Além disso, como a segunda maior metrópole brasileira, concentra grande quantidade de padarias e, conseqüentemente, grande produção e desperdício de panificados.

Foram entrevistados pessoalmente ou por telefone/e-mails diferentes estabelecimentos da cadeia de panificação, como diversos tipos de padarias e indústrias. Por meio de entrevistas semiestruturadas, o problema de excedentes de produção e resíduos gerados foi abordado, buscando o entendimento da visão dos principais agentes envolvidos (grandes panificadores, padarias locais e comportamento do consumidor) e as soluções atualmente aplicadas.

O foco das entrevistas é prover uma qualificação para melhor entendimento do problema. Embora alguns valores sejam mencionados, estes apenas ilustram a situação. Uma quantificação não é base do estudo pois para isso uma amostra mais expressiva de padarias deveria ser pesquisada.

A revisão bibliográfica, por outro lado, mapeia primeiramente o cenário do desperdício e resíduos a nível mundial. Este estudo abrangeu toda a cadeia produtiva do pão desde a produção até o consumo. Posteriormente, avançou-se na coleta de informações a nível nacional. Então, procurou-se quais são as alternativas para solucionar o problema visando o aproveitamento desses resíduos.

Cada uma das alternativas de reaproveitamento de resíduos e excedentes de pães foi aprofundada de acordo com as informações da literatura e caracterizada pelos critérios econômico e tecnológico. Comparando as duas frentes, esta monografia aborda a lacuna entre a inovação e a realidade, e identifica quais alternativas podem ser aplicadas no município.

## 2.1 Revisão Bibliográfica

A revisão bibliográfica serve no contexto do trabalho como forma de investigação das oportunidades de destinação do resíduo de panificação no mundo e no Brasil. Também foi importante na busca de informações sobre o cenário atual da panificação no Brasil e no estado do Rio de Janeiro, como o tamanho do setor, os principais atores da cadeia produtiva e a sua distribuição geográfica.

O método de busca para mapear as alternativas de reaproveitamento dos resíduos de panificação se baseou na coleta de artigos científicos na base de dados Science Direct, escolhida por sua grande abrangência em termos de publicações indexadas. A busca se deu através do uso de palavras-chave e expressões em inglês *bread waste* e *food waste bakery* no título, *abstract* ou *keywords* dos artigos, resultando em 157 e 55 artigos encontrados respectivamente. A opção pela consulta nos campos supracitados se deu por entender que a presença desses termos indica que o tema apresenta relevância no documento.

Outras palavras-chave foram testadas, como *bread loss*, *food loss bakery*, *bakery loss*, entre outros. Elas em geral retornaram resultados similares aos das outras palavras, sendo que a diferença residia em artigos que faziam apenas menção superficial ao tema.

Todos os arquivos encontrados foram escrutinados por título e abstract, sendo os mais relevantes salvados. A relevância do artigo foi verificada através da leitura destes campos e análise se o estudo aborda a questão de desperdício alimentar e faz menção ao desperdício de pão. A partir deste instante, foi feita uma leitura dinâmica em cada um deles, a partir da qual outras publicações importantes foram identificadas através de citações. Ao fim da primeira filtragem, havia 84 arquivos para análise. Destes, foram selecionados 36 reviews e artigos para compor a revisão bibliográfica sobre o tema.

Como era esperado, a base Science Direct não ofereceu resultados relevantes para o caso brasileiro. Dessa forma, optou-se por complementar a busca em outras bases de dados que apresentam uma maior abrangência regional, sendo elas Scielo e Google Acadêmico. Na base de documentos Scielo foram encontrados 143 resultados com a palavra ‘desperdício’ e onze com a palavra ‘padaria’, sendo que destes, doze foram filtrados. No caso da base Google mais resultados são encontrados, contudo a sua relevância é baixa, resultando em mais treze artigos. Ao fim, dezenove foram guardados para o estudo. Desta lista, grande parte serviu para fins educativos e somente dois foram referenciados no estudo. O Quadro 1 traz um compilado dos artigos encontrados, as palavras-chave usadas para busca, onde eles foram encontrados e tipo de informação encontrada.

Quadro 1 – Compilado dos artigos selecionados

<b>Artigo</b>	<b>Palavra-chave</b>	<b>Campo</b>	<b>Local de busca</b>	<b>Tipo de informação</b>
Adessi, 2018	<i>Bread waste</i>	Título	Science Direct	Reaproveitamento
Demirci, 2019	<i>Bread waste</i>	Título	Science Direct	Reaproveitamento
Benabda, 2018	<i>Bread waste</i>	Título	Science Direct	Reaproveitamento
Han, 2017a	<i>Bread waste</i>	Título	Science Direct	Reaproveitamento
Han, 2017b	<i>Bread waste</i>	Título	Science Direct	Reaproveitamento
Han, 2016a	<i>Bread waste</i>	Título	Science Direct	Reaproveitamento
Han, 2016b	<i>Bread waste</i>	Título	Science Direct	Reaproveitamento
Yu, 2017b	<i>Bread waste</i>	Título	Science Direct	Reaproveitamento
Melikoglu, 2013b	<i>Bread waste</i>	Título	Science Direct	Reaproveitamento
Melikoglu, 2013c	<i>Bread waste</i>	Título	Science Direct	Reaproveitamento
Melikoglu, 2015	<i>Bread waste</i>	Título	Science Direct	Reaproveitamento
Pietrzak, 2015	<i>Bread waste</i>	Título	Science Direct	Reaproveitamento
Leung, 2012	<i>Bread waste</i>	Título	Science Direct	Reaproveitamento
Kawa-Rygielska, 2012	<i>Bread waste</i>	Título	Science Direct	Reaproveitamento
Doi, 2009	<i>Bread waste</i>	Título	Science Direct	Reaproveitamento
Eriksson, 2017	<i>Bread waste</i>	Resumo	Science Direct	Estudo de cadeia produtiva
Demirci, 2016	<i>Bread waste</i>	Título	Science Direct	Reaproveitamento
Cao, 2018	<i>Bread waste</i>	Resumo	Science Direct	Reaproveitamento
Melikoglu, 2013d	<i>Bread waste</i>	Título	Science Direct	Reaproveitamento
Lam, 2018	<i>Bread waste</i>	Resumo	Science Direct	Reaproveitamento
Yu, 2017a	<i>Bread waste</i>	Resumo	Science Direct	Reaproveitamento
Daigle, 1999	<i>Bread waste</i>	Título	Science Direct	Reaproveitamento
Gélinas, 1999	<i>Bread waste</i>	Título	Science Direct	Reaproveitamento
Cao, 2017	<i>Bread waste</i>	Resumo	Science Direct	Reaproveitamento
Dreyer, 2019	<i>Bread waste</i>	Resumo	Science Direct	Priorização de tipos de resíduos
Cicatiello, 2017	<i>Bread waste</i>	Resumo	Science Direct	Desperdício na distribuição
Yu, 2016	<i>Bread crust</i>	Resumo	Citação	Reaproveitamento
Oda, 1997	<i>Food waste bakery</i>	Título	Science Direct	Reaproveitamento
Haque, 2016	<i>Food waste bakery</i>	Título	Science Direct	Reaproveitamento
Sloth, 2017	<i>Food waste bakery</i>	Título	Science Direct	Reaproveitamento
Pleissner, 2015	<i>Food waste bakery</i>	Título	Science Direct	Reaproveitamento
Yang, 2015	<i>Food waste bakery</i>	Título	Science Direct	Reaproveitamento
Lam, 2014	<i>Food waste bakery</i>	Título	Science Direct	Reaproveitamento
Kwan, 2016	<i>Food waste bakery</i>	Resumo	Science Direct	Reaproveitamento
Yang, 2006	<i>Food waste bakery</i>	Resumo	Science Direct	Reaproveitamento

<b>Artigo</b>	<b>Palavra-chave</b>	<b>Campo</b>	<b>Local de busca</b>	<b>Tipo de informação</b>
Tsakona, 2014	<i>Food waste bakery</i>	Resumo	Science Direct	Reaproveitamento
Rezende, 2016	Padaria	Título	SciELO	Reaproveitamento
França, 2012	Padaria	Título	SciELO	Reaproveitamento

Para adicionar informações mercadológicas, tais como dados sobre a indústria da panificação no Brasil, uma busca foi realizada por resultados no Google e diretamente nas fontes pesquisadas, como a Associação Brasileira da Indústria de Panificação e Confeitaria (ABIP) e o Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE). Desta forma, mais 42 referências foram adicionadas ao estudo.

## **2.2 Mapeamento de Padarias na cidade do Rio de Janeiro**

A partir dos documentos selecionados, pretende-se chegar em um estudo comparativo das alternativas de valorização do desperdício com base nos parâmetros ambiental, tecnológico e econômico. Para poder fazer esta análise, é importante definir uma região de estudo, porque o comportamento da cadeia de suprimentos, demanda de mercado e a viabilidade de cada oportunidade de valorização dos resíduos varia com o ambiente em que está inserido. Considerando a capacidade produtiva e o tempo de duração da monografia, a região de trabalho foi escolhido o município do Rio de Janeiro, conforme justificado anteriormente.

Para a realização do mapeamento de padarias da cidade do Rio de Janeiro, utilizou-se o software Economapas. Esse software faz uma integração inteligente de informações socioeconômicas, mercadológicas, de consumo e de todas as empresas ativas em sistemas de informações georreferenciados, conforme descrito pela própria empresa proprietária. O programa é capaz de identificar padarias e foi utilizado na área de estudo do trabalho.

O Economapas traz a identificação dos empreendimentos com base na Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE) que consta no CNPJ de cada empresa. Esta premissa traz duas pequenas restrições para este trabalho. Por um lado, não é possível mapear padarias informais, já que estas não são pessoas jurídicas. Por outro lado, existe a possibilidade de algumas empresas que também utilizam CNAE de padaria não serem de fato panificações.

A busca no aplicativo foi realizada em novembro de 2019 para se obter a distribuição de padarias na cidade de duas formas. Primeiramente, foi obtido o mapa de calor de padarias por sub-regiões da cidade (que geralmente são análogas aos bairros). Em seguida, separou-se a cidade dentro do programa em sete regiões e de cada uma delas foram registrados dados regionais, além da localização das padarias no mapa e sua contabilização. Esta proposta de

divisão foi uma adaptação às funcionalidades do programa, que serviu também como maneira de caracterizar melhor o setor dentro de uma cidade grande como o Rio de Janeiro.

### 2.3 Pesquisa de mercado

Um dos grandes desafios quando é feita uma pesquisa de quantificação da perda e do desperdício de alimentos é a obtenção de dados próximos à realidade, o que não seria diferente do caso dos resíduos de panificação. Em geral, estabelecimentos produtivos e comerciais, assim como as pessoas, tendem a minimizar sua geração de resíduos, ou por terem vergonha de reconhecer seus desperdícios ou por minimizarem o problema (PORPINO, 2018). Portanto, a quantificação de resíduos a partir de entrevistas é altamente imprecisa, principalmente em padarias artesanais.

Levando em consideração as motivações apresentadas, optou-se por inicialmente montar uma lista de contatos a serem abordados com base em pessoas próximas de conhecidos. Desta forma, acreditou-se haver uma maior abertura para discutir o assunto. Foram realizados dez contatos iniciais, dos quais cinco foram convertidos em entrevista presencial ou por telefone entre os dias 03 e 30 de outubro de 2019. O Quadro 2 mostra informações e características das padarias entrevistadas.

Quadro 2 – Lista de padarias entrevistadas

Nomenclatura	Classificação <sup>1</sup>	Localização	Tamanho	Contato (Duração)	Representante
A	Padaria tradicional	São Cristóvão	Consumo de 7,5t farinha/mês	Presencial (uma hora e meia)	Proprietário
B	Padaria <i>gourmet</i>	Tijuca	Consumo de 9 t farinha/mês	Presencial (duas horas)	Proprietário
C	Padaria tradicional	Ilha do governador	Consumo de 1,5t farinha/mês	Presencial (uma hora)	Filho de proprietário
D	Padaria Industrial (Pão de Hamburger)	Parque Lafaiete	Consumo de 36t farinha/mês	Presencial (uma hora)	Proprietário
E	Padaria Industrial	Curicica	Venda em larga escala	Telefônico (dez minutos)	Gerente de RH

<sup>(1)</sup> Classificado de acordo com a Abip

Após a fase de entrevistas, como forma de enriquecer a base de dados com mais padarias industriais, padarias em supermercados e franquias, buscaram-se contatos dentro de indústrias

e supermercados e foi feita prospecção ativa em padarias franquizadas, contudo somente uma grande panificadora concedeu entrevista. Mais dados não foram obtidos por não ter recebido retorno dos contatos feitos por e-mail,.

A abordagem às pessoas foi feita com um guia de entrevista do tipo semiestruturada (ANEXO I), que levou o entrevistado a seguir pelos seguintes temas na sequência: informações gerais do negócio, demanda e produção, caracterização do excedente e desperdício, e sua destinação. As informações foram então armazenadas e organizadas em uma planilha Excel (ANEXO II).

### **3 Revisão Bibliográfica**

Este capítulo é introduzido por uma seção em que se descreve o setor de panificação no Brasil. Em seguida, são descritas formas de destinação do resíduo de pão, divididas por formas de destinação gerais para todo alimento e de reaproveitamento específico do pão. Estas últimas englobam todas as tecnologias de reaproveitamento estudadas em artigos científicos.

#### **3.1 Setor de Panificação no Brasil**

Nos últimos anos, o cenário de crise econômica brasileira tem provocado mudanças nos modelos de negócios das panificadoras. Apesar da crise, desde 2015, o setor cresce cerca de 3% ao ano em faturamento (ABIP, 2019), porém vem sofrendo com a concorrência de novos modelos de negócios mais abrangentes em relação a seus produtos que apresentam alto volume de vendas e podem oferecer preços mais competitivos, como os atacarejos, mercados que reúnem atributos do atacado e do varejo. Tais empresas apresentam crescimento acima de 10% ao ano (ABIP, 2019), e já se tornaram a principal forma de varejo brasileira.

Para manter a competitividade, as empresas do setor se veem obrigadas a diversificar seu negócio (ABIP, 2018). As empresas incorporam novos serviços, qualidade, frescor e diferenciação em seus produtos. Isto torna o setor cada vez mais diverso e complexo. Para elucidar melhor os tipos de padaria, a Figura 1 mostra a cadeia de valor do pão que será usada como base de análise deste estudo. De maneira geral, o setor de panificação pode ser dividido em três tipos: Padarias industriais, padarias em supermercados e padarias artesanais.

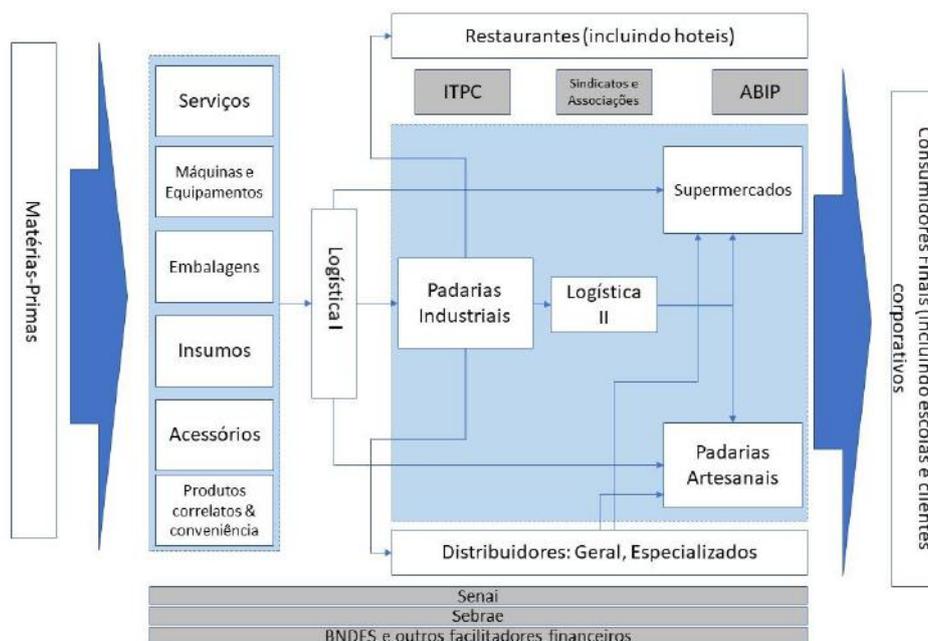


Figura 1 – Cadeia de Valor da Panificação (adaptado de ABIP, 2018)

Em padarias industriais, o preparo da massa (assim como a fermentação, opcionalmente) são feitos em larga escala e os produtos passam por outra empresa de varejo- supermercados, lojas de conveniência, e padarias artesanais- antes de alcançar o consumidor local. Também fornece para outros consumidores finais como indústria, hospitais, escolas, hotéis etc. As padarias industriais são responsáveis pela produção dos pães congelados e industrializados. Em 2007, essas padarias correspondiam a 14% da produção do setor (SEBRAE, 2009).

Padarias em supermercados, apesar de não constituírem o setor responsável pela maior parcela de faturamento desses estabelecimentos, são atraentes pela alta margem de lucro auferida pelo setor. Além disso, as padarias em supermercados atraem um grande volume de clientes que circulam pelas lojas potencializando o consumo de outros itens. Normalmente também possuem um setor de padaria com produção própria, além de revender produtos das padarias industriais. Em 2007, representavam 7% da produção de panificados (SEBRAE, 2009).

Em padarias artesanais, a produção se localiza no mesmo estabelecimento que a venda, sendo esta em grande parte voltada para o consumidor local. Cerca de dois terços da venda correspondem à produção própria de panificados e confeitados, contudo, a padaria vende outros itens, como panificados de padarias industriais, artigos de mercearia, bebidas, laticínios e frios, entre outros com menor relevância. Em 2007, 96,3% das empresas do setor correspondiam a

empreendimentos de micro e pequeno porte, que se encaixam nesta categoria, produzindo 79% dos produtos do setor (SEBRAE, 2009).

De maneira geral, o principal canal de vendas de panificados é o varejo local, responsável por 76% das vendas, seguido pelo atacado (14%) e venda direta sem intermédio de estabelecimento comercial fixo (10%) (SEBRAE, 2017). De 2007 para os dias atuais, o consumidor passou a adquirir mais produtos fora das padarias artesanais, em especial a partir de 2015, quando a crise econômica afetou muito o perfil do consumidor. Por isso, a tendência é de que tenha havido crescimento na parcela da produção fora das padarias.

De fato, no Rio de Janeiro, 70,2% dos consumidores preferem comprar pão em padarias (SEBRAE, 2017), um dos menores valores no Brasil. Atualmente, existem 8140 padarias no estado, o que corresponde a 11,5% do Brasil, segundo maior número de padarias por estado, o que indica que se caminha para um processo de saturação do mercado (ABIP, 2019).

Como fruto da diversificação do setor, não é mais possível representar todas as padarias dentro da classificação de padaria artesanal. Logo, existe uma divisão a partir do modelo de negócio, criando as subclasses padarias tradicionais, padarias gourmet, boulangeries e padarias informais.

Padarias tradicionais são centradas principalmente na área de panificação e confeitaria. Possuem alguns poucos serviços de conveniência, como venda de frango assado e lanchonete, e alguns produtos complementares focados em lanches e café-da-manhã. As padarias tradicionais podem sofrer muito com as mudanças do mercado, caso não se mantenham atualizadas, incorporando novos serviços, qualidade, frescor e diferenciação em seu mix tradicional de produtos (ABIP, 2018).

Padarias *Gourmet*, além de oferecerem os itens comuns, possuem uma ampla gama de produtos e serviços ao consumidor incorporados ao negócio, como serviço completo de café-da-manhã e almoço, e serviços de conveniência que atendem as necessidades gerais do consumidor. Este modelo concorre com outros negócios como lanchonetes e restaurantes como forma de atacar outros nichos de consumo de alimentação e obter outras parcelas de mercado.

O serviço de *Boulangeries* possui um maior valor agregado, com foco na produção de panificados. Produz uma gama grande de pães especiais de alto valor agregado. Os produtos são de produção própria ou advindo de terceiros. Como curiosidade os seus clientes não procuram tanto por pão fresco quanto os clientes das padarias tradicionais.

O Quadro 3 apresenta um quadro comparativo dos tipos de padaria supracitados. Os critérios de diferenciação adotados foram público-alvo, regularização, produtos e forma de venda.

Quadro 3 – Comparativo de tipos de padaria.

	Padarias Industriais	Padarias em Supermercados	Padarias Artesanais			
			Padarias informais	Padarias tradicionais	Padarias gourmet	Boulangeries
<b>Público-alvo</b>	Amplio	Local	Local	Local	Local	Local
<b>Regularização</b>	Regular	Regular	Sem CNPJ	Regular	Regular	Regular
<b>Produtos</b>	Pães embalados	Muito variados	Pouquíssima variedade	Pouca variedade	Diversificado	Especializado em pães
<b>Venda</b>	Passa por revenda	Direto ao consumidor	Direto ao consumidor	Direto ao consumidor	Direto ao consumidor	Direto ao consumidor

Finalmente, em padarias informais (também chamadas de caseiras ou potenciais), pessoas físicas fabricam os produtos em casa, sem estrutura elaborada de gestão e produção. Como não possuem CNPJ, não contribuem com impostos e são de difícil mapeamento. Em geral apresentam alto risco de encerramento de atividades, em especial quando seus custos começam a subir e não conseguem absorver uma transição para um modelo formalizado. A falta de procedimentos padrão pode afetar a qualidade dos produtos. A falta de procedimentos de segurança alimentar pode levar também a condições microbiológicas do alimento que aceleram sua deterioração, causando desperdício.

Uma das opções que desponta na área de alimentação é o congelamento de produtos. O setor de congelados faturou mundialmente 11,3 bilhões de reais em 2014 e a panificação já está presente em 8% deste mercado (SEBRAE, 2015). Os pães congelados oferecerem muitas vantagens, pois reduzem o tempo para elaboração do pão nos pontos de venda, aumentam seu tempo de validade e possibilitam obter pão fresquinho a qualquer momento do dia. Para atuar no segmento, muitas adaptações são necessárias em comparação à indústria tradicional, por exemplo a aquisição de máquina de ultracongelamento, câmara de congelados e caminhões adaptados. A possibilidade de aumentar a escala produtiva do produto consegue compensar os custos extras. Desta forma, muitas padarias industriais vêm produzindo cada vez mais congelados, mais padarias artesanais e supermercados recebem estes itens e, conseqüentemente, mais clientes consomem os produtos citados.

Dependendo da técnica de congelamento utilizada, a cadeia produtiva deve ser reestruturada de uma maneira diferente. Para que o produtor atue de maneira competitiva, ele deve dominar a técnica de congelamento e controlar o processo precisamente. Existem quatro formas de congelamentos principais, sendo elas massa crua congelada, massa pré-fermentada

congelada, pão semiassado congelado e pão congelado pronto para consumo (FOOD INGREDIENTS BRASIL, 2008).

A modernização promovida pelos congelados vem acompanhando o dinamismo atual do mercado, que exige flexibilidade dos empreendedores para se adaptarem às mudanças requeridas em seus estabelecimentos. Esta inovação vem transformando todo o setor dentro do cenário e tipificação já descritos.

Desta forma, é possível classificar de maneira mais eficaz os negócios de panificação e entender melhor os diversos atores dentro desta cadeia. Este estudo foca em entender o desperdício das padarias artesanais pela participação no total produzido e das padarias industriais pela grande escala, e como ele pode ser destinado.

### **3.2 Alternativas aplicadas para destinação de resíduos de pão**

Haja vista o tamanho das perdas na panificação apresentado na introdução, faz-se necessário pensar alternativa para o seu reaproveitamento. Dentre as diversas possibilidades a serem adotadas, é importante ao mesmo tempo olhá-las dentro do contexto estudado para analisar quais possuem características mais adequadas para uma melhor destinação e valorização desses recursos.

Considerando que a perda ou o desperdício já foi consumado, este texto identifica e explora aquelas opções mais praticadas atualmente como incineração, compostagem, ração animal. Mais adiante neste capítulo, serão abordadas as rotas biotecnológicas mais modernas com potencial para obtenção de biomoléculas à nível comercial. Vale destacar que estas alternativas não são utilizadas apenas para resíduos impróprios ao consumo, mas também com excedentes produtivos, que podem ser revertidos em produtos com maior valor econômico.

#### **3.2.1 Aterros e lixões**

No Brasil, a maior parte dos resíduos ainda é disposta em lixões ou aterros. Considerando que cerca de 51% do lixo urbano é orgânico e cerca de 2-3% possui outras formas de destinação (ALFAIA, 2017), pode-se inferir que uma quantidade significativa de restos de pão não apresenta destinação mais apropriada.

Os aterros são locais reservados à destinação de lixo, não sendo considerados uma forma de reaproveitamento de resíduo. Visto que por meio dos aterros não é obtido nenhum valor econômico e grandes espaços de terra são desperdiçados. Esta opção ainda é muito adotada, pois é barata a curto prazo e o Brasil possui muita disponibilidade de espaço. Segundo

Melikoglu (2013d), mais de 95% do desperdício de alimentos vai para aterros ou para incineração. Os aterros são classificados em sanitários, controlados e lixões abertos.

Os lixões abertos são espaços abertos, sem nenhum tipo de controle ambiental, usados para o despejo dos resíduos sólidos urbanos (RSU). Apesar de ilegais, ainda são uma realidade bastante comum no Brasil pelo baixíssimo custo. Estes geram alto impacto ambiental pela produção de chorume, que se espalha e contamina o solo e possíveis lençóis freáticos, pela emissão de gases de efeito estufa provenientes da degradação biológica do lixo (VAN ELK, 2007). Também geram alto impacto social, por serem locais com focos de doenças comumente ocupados por catadores de lixos.

Os aterros controlados apresentam melhorias frente aos lixões abertos, principalmente recobrimento e impermeabilização de solos. Apesar de já exigirem uma obra de engenharia para operar, são contra a Política Nacional de Resíduos Sólidos (2010), pois ainda não se preocupam com a captação e tratamento do chorume e gases gerados.

Os aterros sanitários, em contraste com os dois anteriores, são a única opção legal e a que menos impacta a sociedade e o meio ambiente para disposição de resíduos. São locais construídos especificamente para dispor os resíduos sólidos de maneira adequada e por isso devem apresentar alto grau de confiabilidade. O local deve atender a uma série de exigências regulamentárias, para isso uma série de técnicas são utilizadas para evitar o impacto ambiental do lixo, como uso de mantas de polietileno de alta densidade (PEAD) e camadas de argila, separação do espaço em células, e tubulação em forma de espinha de peixe. Assim, o lixiviado e os gases conseguem ser coletados e posteriormente tratados ou controlados (em flares no caso dos gases) (VAN ELK, 2007).

Atualmente, apesar de a Política Nacional de Resíduos Sólidos, lançada em 2010, ter previsto a erradicação de lixões até o ano de 2014, a realidade é bem diferente. Em 2018, foram destinadas 10.704 e 18.228 toneladas diárias de lixo a lixões e a aterros controlados, respectivamente no Sudeste, o que equivale a 27,3% do total levado à disposição final. Este é o menor valor porcentual comparado a outras regiões do país (ABRELPE, 2019).

### 3.2.2 Incineração

Existem alternativas para reaproveitamento dos resíduos de panificação, de forma a utilizar o seu potencial energético/bioquímico e reduzir o volume disposto em aterros/lixões. Uma opção bastante utilizada por países mais desenvolvidos e com maior restrição de espaço para o seu aproveitamento energético é a incineração (EUROPEAN COMMISSION, 2006).

A incineração é a queima de matéria orgânica em fornos a altas temperaturas, transformando-a em matéria inorgânica, sendo elas cinzas de fundo, cinzas volantes, escórias, efluentes líquidos. Gases poluidores, como monóxido de carbono, e fuligem são tipicamente emitidos em processos de incineração e precisam ser retirados com equipamentos de purificação. Com os equipamentos de retenção de emissões adequados, os impactos negativos ao meio-ambiente da incineração são reduzidos, contudo o custo de construção e operação da unidade é relativamente alto. Além disso, os resíduos deste processo (escória e cinzas) também devem ter uma disposição adequada. A incineração pode servir tanto como tratamento de resíduos quanto para aproveitamento energético (CHIRICO, 1996).

A incineração pode ser composta por processos de queima convencional ou pode ser dividida em três etapas principais gerais: secagem, desgaseificação, gaseificação ou pirólise e oxidação ou combustão. Nas duas primeiras etapas, hidrocarbonetos, água e outros leves são retirados. Então, a matéria orgânica sólida é gaseificada, sofrendo uma oxidação inicial. Por fim, a temperaturas mais altas a oxidação é finalizada. Este processo pode ser conduzido em forno a grelha de combustão, forno de leito fluidizado, forno rotativo ou forno pirolítico. (CHIRICO, 1996)

Após a queima é necessário dar uma destinação correta para os resíduos do processo. Primeiramente, há a emissão de gases do efeito estufa e poluidores locais, como óxidos de enxofre e nitrogênio, e produtos de oxidação parcial, como fuligem. Dois métodos para impedir esta emissão são a utilização de filtros manga para fuligem ou lavadores por exemplo (CHIRICO, 1996).

A captura dos gases do efeito estufa, em especial gás carbônico, além disso, ainda não ocorre difundidamente e de maneira eficaz em escala comercial. Recentemente uma planta da empresa Twence inaugurou um método de captura e transformação em bicarbonato de sódio do gás carbônico (HUTTENHUIS, 2016).

O efluente líquido também é gerado da incineração e este deve ser direcionado para uma estação de tratamento com um método adequado à sua composição química. Os resíduos sólidos, muitas vezes, também não podem ser reaproveitados e devem ser dispostos em aterro. (EUROPEAN COMMISSION, 2006)

Além do custo e da geração dos seus subprodutos, a incineração também não atende a resíduos com alta umidade ou baixo poder calorífico (o pão não se encaixa em nenhum deles). Apesar destes pontos negativos, a incineração reduz consideravelmente o volume dos resíduos, pode recuperar energia e destrói totalmente a parcela orgânica. No caso do pão, ela pode ser

uma opção interessante pois evita a produção de chorume e de metano, muito nocivos ao meio ambiente, ainda mais levando em conta que este estará misturado na fração orgânica do lixo.

No Rio de Janeiro, esta alternativa ainda é muito pouco explorada, pois pode ser muito danosa à atmosfera e é cara, de forma que outras opções se tornam mais vantajosas nos dois aspectos. Somente em 2019 foi obtida licença para construção da primeira termelétrica movida a lixo no estado, orçada em R\$500 milhões (GLOBO, 2019). Assim que começar a operar, esta alternativa poderá se tornar viável para a destinação de resíduos como os produzidos pelas panificadoras. Atualmente, a quantidade de lixo municipal destinada a incineração ainda é menor que 0,1% no Brasil (ALFAIA, 2017).

### 3.2.3 Compostagem

A compostagem é outra opção que vem sendo bastante praticada atualmente. Esta consiste na decomposição biológica de matéria orgânica por microrganismos já presentes no resíduo em ambiente controlado e se encaixa bem no caso dos resíduos alimentares como o pão. O produto gerado é o húmus, material de estrutura porosa composto por orgânicos simples e nutrientes, que serve como adubo natural. Sua estrutura permite a aeração da terra e retenção de umidade e nutrientes (EMBRAPA, 2001).

No processo de compostagem, primeiramente o resíduo passa por um processo físico, em que é feita uma triagem e depois é triturado e homogeneizado. Em seguida ocorre a etapa biológica, dividida em digestão e maturação. Na digestão, bactérias mesofílicas e termofílicas atuam em três fases com alta atividade para transformar a maior parte dos resíduos, formando ácidos orgânicos que abaixam o pH do material. Nesta etapa, nota-se um claro aumento de temperatura. Na maturação, a atividade microbiana diminui e o processo se prolonga mais, em um tempo que pode levar de semanas a anos de acordo com o tipo de compostagem. Nesta etapa final é onde ocorre a humificação e o pH aumenta. (EMBRAPA, 2001)

A compostagem pode ser conduzida de forma aeróbica ou anaeróbica. A aeróbica, apesar de demandar maior esforço operacional para manter a matéria aerada, apresenta algumas vantagens e é a maneira mais recomendada. Ela emite menos odores fortes e possui tempo de maturação menor (EMBRAPA, 2001).

Em geral, a compostagem é um processo relativamente barato em instalação e operação (quando comparado à incineração) e economiza o uso de espaço de aterro. Ademais, ela é ambientalmente segura, elimina possíveis patógenos e promove o fechamento do ciclo de vida da matéria reaproveitando orgânicos e nutrientes no solo para produção de novos produtos. Em contrapartida, é um processo lento e seu resultado é dependente das características nutricionais

do resíduo e das condições de processo. A exalação de odores também pode ser fator relevante caso não seja controlada.

No Rio de Janeiro, várias empresas adotaram esta prática e fazem o gerenciamento de resíduos, coleta e compostagem. A empresa Ciclo Orgânico, por exemplo, presta um serviço de coleta semanal e tratamento de resíduos por compostagem e já possui parceria com algumas empresas. Ainda somente 0,8% do lixo municipal brasileiro é destinado à compostagem, mostrando que ainda não existe estrutura de coleta e tratamento de se adotar esta prática (ALFAIA, 2017). Os principais entraves são a exigência de uma boa separação de lixo antes e após a coleta, pois nem tudo pode ser aproveitado, e os custos financeiros atrelados à operação. Segundo pesquisa do IBOPE encomendada pela Ambev para o Dia do Meio Ambiente de 2018, 39% dos brasileiros não separam lixo orgânico do reciclável (UNIÃO, 2018). Eles também não valorizam simples práticas mais sustentáveis e não têm conhecimento básico sobre o tema.

#### 3.2.4 Ração animal

Uma outra estratégia para destinação dos resíduos de panificação muito mencionada em artigos, reportagens e empresas é o seu reuso para ração animal. O principal consumidor mencionado é suíno, contudo, também existe menção para uso galináceo, ovino e pisco. Na Alemanha, por exemplo, boa parte das padarias industriais retorna seus excedentes para este fim (MELIKOGLU, 2013d). Por ser direcionado a seres vivos, deve-se preservar a segurança alimentar, logo os restos alimentares devem ser direcionados antes que haja contaminação microbiana patogênica e devem apresentar boa composição nutricional ao animal. Caso a composição não seja a ideal, pode ser exigida uma complementação nutricional

Em geral, os restos de pão se encaixam bem para ração animal por alguns motivos. Primeiramente, em geral ele possui boa composição nutricional para animais, como já comprovado em dois casos para ovelhas e porco (FRANÇA, 2012 e YANG, 2006). Vale destacar que como existe variação nutricional de tipos de pães, é importante fazer uma análise específica para análise de casos particulares.

Em segundo lugar, a destinação do pão a animais só não é mais vantajosa que a doação a pessoas no aspecto ambiental seguindo a hierarquia proposta pelo *Food Waste Hierarchy*, por ser um alimento muito seco (SALEMDEEB, 2017; MOULT, 2018; e ERIKSSON, 2015). Nos casos estudados, por análise de ciclo de vida ela impacta menos o meio ambiente que o aterramento e tratamentos como fermentação, incineração e compostagem. Novamente, este dado pode variar de acordo com a região e o produto com os quais é feita a análise.

Por fim, existe como fazer o pão se tornar mais seguro e durar mais tempo. A ensilagem é um processo de fermentação láctica que reduz o pH do substrato e inviabiliza o crescimento de muitos patógenos. Nesta fermentação, algumas substâncias com atividade antifúngica como o ácido láctico são produzidas. O processo também ajuda a hidrolisar moléculas de amido aumentando a concentração de açúcares de fácil degradação para os animais, e se aplica bem no caso dos resíduos de panificação (YANG, 2006; REZENDE, 2016 e AXEL, 2016).

Atualmente, não se tem clareza quanto à quantidade de resíduos destinados à ração animal no Brasil. De qualquer maneira, esta opção se encaixa bem para regiões periféricas do Rio de Janeiro, onde há criação de animais e não exista custo de transporte. No caso de padarias localizadas em áreas centrais, caso o próprio estabelecimento tenha que arcar com a logística de repasse dos resíduos a alternativa deixa de ser viável econômica e ambientalmente.

Também existem outras formas de tratamento e reaproveitamento dos resíduos de panificação, que se baseiam no aproveitamento dos compostos orgânicos presentes para realização de um reprocessamento químico. Esta é considerada a terceira opção na hierarquia proposta pela EPA, atrás das alternativas que alimentam seres vivos. Os produtos são diversos e podem ser direcionados a muitos fins, desde a própria padaria, outras indústrias alimentícias até a própria indústria química como ácidos orgânicos. Na maior parte dos casos, este reprocessamento é feito por rotas fermentativas.

O aproveitamento dos resíduos de pão se encaixa muito bem no conceito de biorefinarias, em que a matéria orgânica substitui o petróleo na produção de diversos petroquímicos e energia por rotas biológicas. Esta rota produtiva se encaixa no conceito de bioeconomia circular. Este conceito nasce como uma opção à cadeia linear de valor, partindo da produção até o consumo e disposição. A proposta circular, ao contrário, pretende aproveitar as saídas principais e secundárias da cadeia como entradas para esta e outras cadeias, gerando assim círculos de valor, conforme esquema da Figura 2.

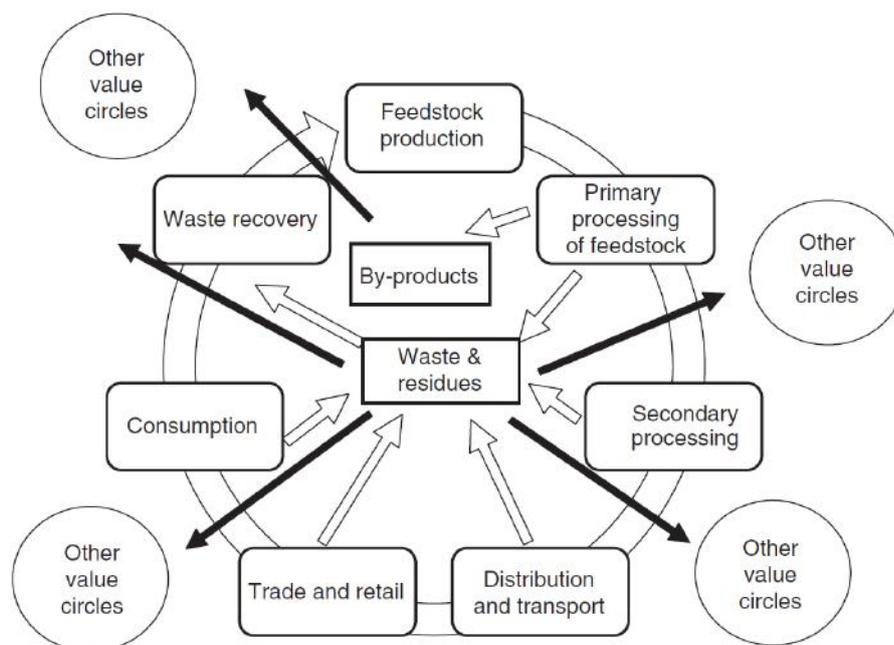


Figura 2 – Círculos de Valor e valorização de lixo e resíduos (KLITKOU, 2019)

Klitkou (2019) define bioeconomia como o conjunto de atividades econômicas relacionadas a produção sustentável e uso de matéria biológica renovável e processos que geram resultados econômicos em forma de alimentos, ração, energia, materiais e químicos com origem biológica. Esta monografia compartilha desta mentalidade e pretende por meio das tecnologias descritas a seguir fomentar o desenvolvimento da bioeconomia circular.

### 3.2.5 Incorporação na Produção de Panificados e derivados

Uma rotina muito comum dentro das padarias é reaproveitar seus próprios resíduos. Produtos que têm curto prazo de validade por perderem suas características sensoriais devem ser rapidamente tratados. O tradicional pão francês, por exemplo, endurece após poucos dias de produção. Logo, este produto feito pela manhã deve ser retirado no máximo ao final do dia.

Caso seja de interesse reaproveitar o excedente, algumas rotas podem ser adotadas. Primeiramente, o pão pode ser novamente assado para fazer torrada. Ademais, o excedente pode ser reutilizado como massa, substituindo a farinha para elaboração de alguns pães especiais, como o de massa lêveda, que é fermentada por microrganismos lácticos (GÉLINAS,1999). Outros produtos também podem ser elaborados, como pudim e rabanada.

O pão, enquanto derivado de cereais, é um alimento bem energético, com alto teor de carboidratos e lipídios, e tem presença comum de proteínas, vitaminas e minerais. Desta forma, o próprio pão pode ser aproveitado de maneira similar a de muitos cereais na própria panificação e confeitaria, que necessitam de matérias-primas com alto teor de carboidratos.

Assim como no pão francês é utilizada a farinha de trigo, o pão é triturado e transformado em farinha de rosca que pode ser utilizada em outros pães.

Esta estratégia é muito interessante, pois em curto espaço de tempo, consegue reduzir em grande quantidade o desperdício de pão e direciona o resíduo como matéria prima para produtos com maior valor agregado que serão vendidos pela própria empresa. Esta iniciativa promove a economia circular pelo encurtamento dos ciclos de aproveitamento dos alimentos. Os custos com logística de transporte e disposição de resíduos também são minimizados. Além disso, ela pode ser replicada em basicamente qualquer padaria independente de localização e tipificação conforme a ABIP.

### 3.2.6 Fermentação de Cerveja

Caso a opção seja direcionar os resíduos a outra indústria, existe um número maior de possibilidades. Uma oportunidade para o reaproveitamento dos resíduos da panificação bastante comentada atualmente pela mídia se refere à produção de cerveja. O pão neste caso substitui parte do malte como fonte energética para as leveduras fazerem a fermentação alcoólica. Ele pode substituir outros adjuntos como milho ou arroz de maneira mais eficaz, pois seu amido já está gelatinizado e pode ser adicionado diretamente no cozimento da cerveja. Esta vantagem traz uma redução de consumo energético.

A iniciativa já foi aplicada em escala comercial através da cervejaria belga *Brussels Beer Project* e da britânica *Toast Ale*. No caso britânico, a receita já foi reproduzida em mais cinco países, inspirando mais de 25 iniciativas com mesmo propósito de reduzir o resíduo de panificação. No Brasil, a cervejaria artesanal *Green Lab* tem autorização para fazer esta cerveja na cidade de Juiz de Fora, utilizando excesso de produção local de pães (TOAST ALE, 2019).

Inicialmente, o pão é cortado e seco a 90° C em forno. Em seguida é processado em croutons. Então, é preparado o mosto contendo água, malte, croutons e lúpulo, aquecidos. As enzimas do malte degradarão o amido em açúcares simples. Após resfriamento, a mistura é resfriada, leveduras são adicionadas e a fermentação ocorre. A cerveja deve ser engarrafada, carbonatada e, por fim, maturada (TOAST ALE, 2019)

De acordo com a receita da *Toast Ale*, um quilo e meio de pão compõe a receita de vinte litros de cerveja. Considerando que uma cervejaria produza em média vinte mil litros de cerveja por mês (INSTITUTO DA CERVEJA, 2016), seria necessária uma tonelada e meia de resíduo de pão por mês para suprir a produção desta receita. De acordo com Lawrence Speelman, responsável pelo Serviço de Atendimento ao Consumidor e pela logística da *Toast Ale*, o excedente de pão fresco é obtido de padarias e indústrias que elaboram sanduíches em Londres.

Elas economizam dinheiro que usariam destinando este excedente produtivo a aterros ao doá-lo para a cervejaria.

A demanda de pão fresco para produzir a cerveja também pode ser bem suprida por algumas padarias das grandes cidades brasileiras. As cervejarias se localizariam perto das padarias e do seu mercado consumidor, o que encurta deslocamentos e facilita a logística de transporte da fábrica. Esta logística exige um esforço de estruturação pela iniciativa. Ao mesmo tempo, estas cidades possuem uma parcela populacional com alto poder aquisitivo para consumir este tipo de cerveja, pois ela se enquadra na classificação de cervejas artesanais, que custam mais que as tradicionais do mercado.

### 3.2.7 Ordem de Prioridade

A ordem de prioridade das alternativas de destinação não é uma resposta universal. Dependendo do local estudado, do produto analisado e dos parâmetros utilizados como critérios, esta sequência é muito variável, pois cada alternativa afeta cada critério de maneiras diferentes. O *Food Waste Hierarchy* propõe uma hierarquia, ilustrada pela Figura 3, a ser adotada por todos, com base no impacto ambiental, social e econômico.

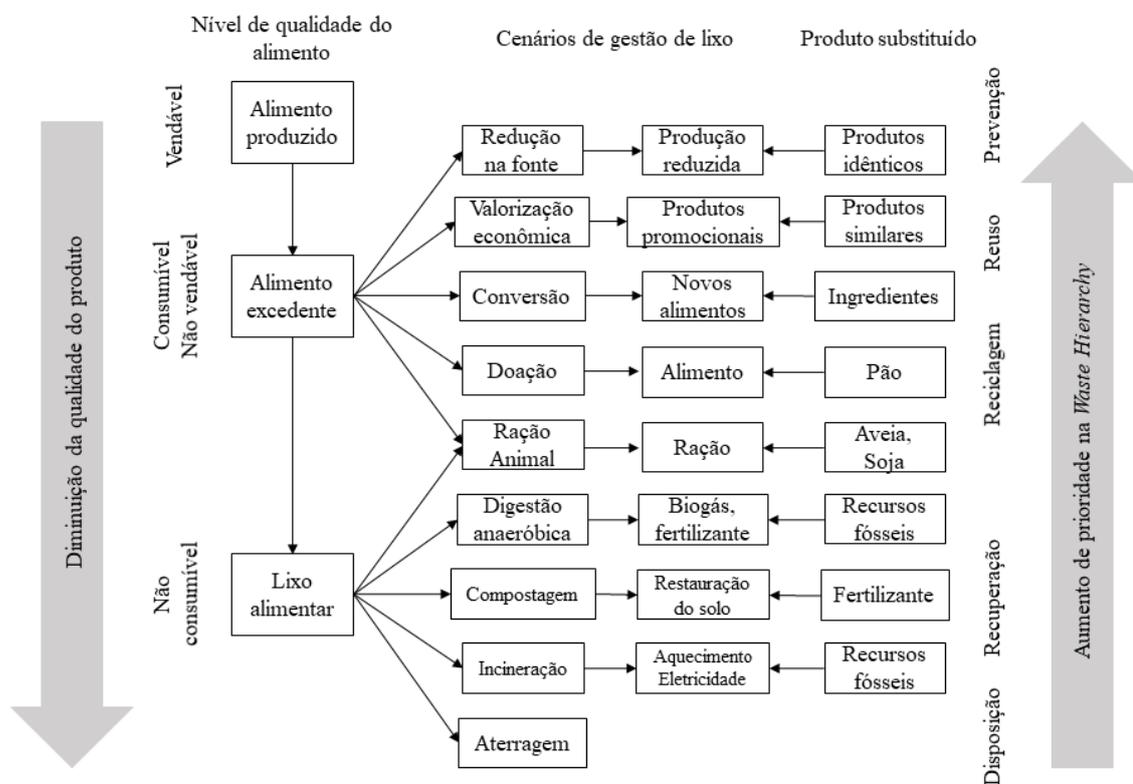


Figura 3 – Diagrama de gestão alimentar (adaptado de ERIKSSON, 2017)

Outros estudos, entretanto, chegaram a resultados diferentes para o caso do pão. Moulton (2018) descobriu no contexto do Reino Unido que a compostagem gera maior emissão de gases do efeito estufa que a incineração, criando uma ordem conforme a Figura 4. Eriksson (2015) também tenta avaliar o potencial de aquecimento global das alternativas, só que na cidade de Uppsala, na Suécia. Para ele, a sequência seria incineração, doação, digestão anaeróbica, ração animal, compostagem e aterro.

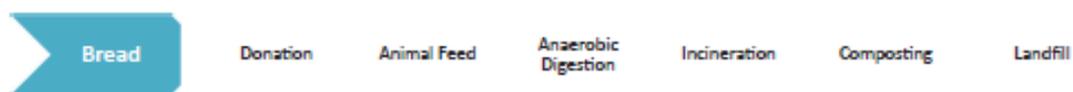


Figura 4 – Ordem de prioridade de destinação do pão por emissão de gases do efeito estufa (MOULT, 2018)

Diante de todas as opções apresentadas, o Quadro 4 faz uma análise qualitativa com base no aspecto financeiro, ambiental, tecnológico das alternativas. As classificações foram definidas de maneira qualitativa e comparativa, com base no relato dos artigos que abordam cada tema. No próximo capítulo, cada nova tecnologia de elaboração de novos produtos será mais bem destrinchada para se ter um cenário mais aprofundado de cada uma.

Quadro 4 - Comparativo entre alternativas de destinação de resíduos da panificação

<b>Destinação</b>	<b>Econômico</b>	<b>Ambiental</b>	<b>Tecnológico</b>
Lixão	Custo muito baixo	Altamente prejudicial, ilícito	Simples, muito usado
Aterro sanitário	Custo baixo	Impacto restrito	Viabilizado, comum no Rio
Incineração	Custo alto	Variável, porém, pode ser muito poluente	Pouco usado para resíduo orgânico
Compostagem	Custo médio	Baixo impacto	Simples e aplicado comercialmente
Incorporação na Produção de pão	Custo muito baixo	Baixo impacto	Infraestrutura já construída
Produção de cerveja	Custo muito baixo	Baixo impacto (uso de água e resíduo)	Viabilizado comercialmente
Ração animal	Custo muito baixo	Baixo, impacto, ligado ao animal	Simples, muito usado

<b>Destinação</b>	<b>Econômico</b>	<b>Ambiental</b>	<b>Tecnológico</b>
		consumidor e transporte	
Doação	Custo muito baixo	Impacto ligado ao transporte	Limitado por legislação

Como a análise é muito generalista, para obtenção de resultados mais precisos é necessário primeiro definir fronteiras de estudo bem específicas. Somente com elas será possível montar uma análise de ciclo de vida bem embasada e análise de viabilidade econômica de cada uma das alternativas. Vale destacar que a logística de transporte interfere muito nas análises econômica e ambiental, pelo custo de aquisição, manutenção e combustível, e pela queima de combustível fóssil (GAO, 2017, ANDERSSON, 1999, e BRASCHKAT, 2004).

### **3.3 Rotas propostas em pesquisas para utilização do excesso de pão**

Uma tendência crescente nas pesquisas acadêmicas é a utilização do resíduo de panificação como matéria-prima para geração de químicos básicos e biomassa, muitos pela rota fermentativa. Esta estratégia tem atraído a atenção de muitos pesquisadores, primeiramente porque o processo utilizaria uma matéria-prima de custo quase nulo. Em segundo lugar, ela permite pegar um resíduo de final de cadeia e gerar a partir dele uma nova cadeia de valor, se encaixando na bioeconomia circular. Estes produtos possuem diversos usos de grande relevância para a sociedade, como geração de energia, combustível e aditivos alimentares.

Ao mesmo tempo, não podemos subestimar os desafios de estruturar estas rotas numa escala comercial. Existem desafios como logística de acesso aos resíduos, e síntese e comercialização dos produtos, que precisam ser superados para tornar o estudo destas pesquisas realidade na sociedade.

No Quadro 5 é apresentado o resultado de um mapeamento de produtos que podem ser obtidos a partir da fermentação dos resíduos e excedentes de pão. Este mapeamento com base na revisão bibliográfica mencionada no capítulo dois deste trabalho.

Quadro 5 – Descrição de alternativas para reaproveitamento do pão

Referência	Tipo de fermentação	Produto	Maturidade	País	Fonte do resíduo
Tsakona et al., 2014	Fermentação em estado sólido	Ácidos graxos e glicose	Laboratorial	Grécia	Indústria confeitaria
Lam et al., 2013	Fermentação em estado sólido	Glicose e Glicoamilase	Laboratorial	Hong Kong	Loja de Starbucks local
Thyagarajan et al., 2014	Fermentação em estado sólido	Ácidos graxos	Laboratorial	Austrália	Padaria local
Kwan et al., 2016	Fermentação em submerso e fermentação aeróbica	Ácido lático	Laboratorial	Hong Kong	Starbucks outlet
Yang et al., 2015	Hidrólise enzimática e fermentação em batelada	Ácido lático	Laboratorial	Hong Kong	Starbucks outlet
Kawa-Rygielska et al., 2012	Liquefação enzimática, sacarificação e fermentação	Etanol e sub-produtos	Laboratorial	Polônia	Padaria local
Pietrzak et al., 2015	Liquefação enzimática, sacarificação e fermentação	Etanol	Laboratorial	Polônia	Grande produtor local
Adessi A et al., 2018	Fermentação láctica e fotofermentação	Hidrogênio e energia	Laboratorial	Itália	-
Han W, et al., 2017a,b Han W, et al., 2016a,b	Fermentação em estado sólido e fermentação escura	Hidrogênio	Laboratorial	China	Supermercado local
Demirci et al., 2018	Hidrólise enzimática e fermentação	Goma xantana	Laboratorial	Turquia	Padaria local
Melikoglu et al., 2013 Melikoglu et al., 2015	Fermentação em estado sólido	Enzimas para conversão de amido em glicose	Laboratorial	Reino Unido	Refeitório de universidade
Lam et al., 2014	Hidrólise enzimática e fermentação	Ácido succínico	Escala piloto	Hong Kong	Cafeteria local
Pleissner et al., 2014	Hidrólise enzimática, criação de microalgas como fonte de nitrogênio para fermentação de ácido lático	Ácido lático e microalgas	Laboratorial	Hong Kong	Starbucks

<b>Referência</b>	<b>Tipo de fermentação</b>	<b>Produto</b>	<b>Maturidade</b>	<b>País</b>	<b>Fonte do resíduo</b>
Haque et al., 2016	Fermentação em estado sólido	Biocorante e enzimas para conversão de amido em glicose	Laboratorial	Hong Kong	Starbucks
Oda et al., 1997	Hidrólise enzimática e fermentação em batelada	Ácido lático	Laboratorial	Japão	Massa produzida em laboratório
Forbes et al., 2009	Fermentação termofílica e mesofílica de fungos	Metano	Laboratorial	Irlanda	-
Yu et al., 2016a, 2017a,b Cao et al., 2017, 2018	Hidrólise, isomerização e desidratação catalíticas	Hidroximetilfurfural (HMF)	Laboratorial	Hong Kong	Aeroporto
Daigle et al. 1999	Fermentação de levedura em estado líquido	Compostos voláteis aromáticos similares a abacaxi	Laboratorial	Canadá	Dois panificadoras
Doi et al., 2009	Fermentação em duas etapas por via láctica	Hidrogênio	Planta piloto	Japão	Fábrica de pães
Leung et al. 2012	Fermentação em estado sólido e fermentação bacteriana	Ácido succínico	Laboratorial	Hong Kong	Cafeteria da universidade
Benabda et al. 2018	Fermentação em estado líquido	Biomassa (levedura para padaria e cervejaria)	Laboratorial	Tunísia	Padaria local
Nishio, 2006	Digestão anaeróbica em uma ou duas etapas	Hidrogênio e metano	Laboratorial	Japão	-
Sloth et al., 2017	Hidrólise enzimática e crescimento em estado líquido	Biomassa (microalga)	Laboratorial	Dinamarca	Padarias

Estes produtos possuem uma variedade de aplicações relevantes. As microalgas servem como alimentação suplementar e ração animal. O ácido succínico é um importante intermediário para produção de químicos e polímeros. Hidrogênio é principalmente utilizado em processos de hidrogenação e redução. Metano tem fins energéticos. Etanol é bastante usado como combustível e aditivo para aumentar octanagem de combustíveis. O ácido lático é principalmente usado na indústria alimentícia, incluindo panificadoras, como conservante, acidulante e aromatizante. Por fim, o hidroximetilfurfural é muito usado como indicador para adulteração do mel e como alternativa para fabricação de químicos derivados de combustível fóssil, por exemplo dimetilfurano, ácido 2,5-furanodicarboxílico e 5-etoximetilfurfural. Estes compostos são precursores na fabricação de polímeros, farmoquímicos e combustível.

Todas as tecnologias fermentativas a partir do uso dos resíduos de pão ainda estão em fase inicial de desenvolvimento, a maior entre elas em escala piloto, ou seja, necessitam de muitas melhorias e adaptações para o aumento de escala produtiva para nível industrial. A seguir, a tecnologia de obtenção de cada produto será aprofundada. Serão abordados a rota de obtenção, rendimento obtido pelo processo e seu nível de maturidade tecnológica.

### 3.3.1 Ácidos graxos

Os ácidos graxos são uma série de ácidos orgânicos de cadeia longa, que são comumente produzidos em organismos biológicos. Dentre eles, podem-se citar os ácidos oleico, linoleico, palmítico e esteárico.

Os microrganismos, durante seu desenvolvimento, sintetizam estes lipídios como reserva energética em momentos de grande abundância nutritiva. Inversamente, caso o meio não esteja rico, o ser vivo vai consumir estes lipídios para se manter vivo. Desta forma, os processos tecnológicos criam um meio de cultivo esterilizado utilizando pão para crescimento dos microrganismos, microalgas ou protistas marinhos de acordo com o estudo. Uma diferença importante é que Tsakona fez hidrólise da matéria-prima, o que interfere na concentração de monossacarídeos do substrato. Thyagarajan iniciou o processo sem esta etapa prévia. Os procedimentos foram feitos em escala laboratorial (TSAKONA, 2014, e THYAGARAJAN, 2014).

Após finalizar o processo fermentativo, as células são direcionadas a um processo no qual os lipídios são extraídos por uma mistura de etanol e clorofórmio. O ácido graxo obtido em maior quantidade foi o ácido oleico em todos os casos, correspondendo a mais da metade do

peso de lipídios. A concentração máxima de lipídios encontrada foi de 40,4% em massa por Tsakona (2014) e 42,4 mg/g por Thyagarajan (2014).

### 3.3.2 Enzimas e Glicose

Os panificados são produtos ricos em amido em sua composição. A presença de nutriente estimula bolores a produzirem a enzima glicoamilase, capaz de quebrar o amido em glicose, e protease, capaz de degradar proteínas em aminoácidos. A glicose, por ser um açúcar simples de fácil digestão, é mais facilmente aproveitada que o carboidrato. Por isso, as enzimas podem ser extraídas do fungo e aplicadas em outros substratos para quebra destas moléculas mais complexas (LAM, 2013).

As espécies *Aspergillus awamori* e *Monascus purpureus* foram utilizadas em muitos artigos voltados para produção da glicoamilase e da protease a partir de resíduos de panificação, contudo outras espécies do gênero *Aspergillus* também podem ser utilizadas (LAM, 2013, e HAQUE, 2016). O último também é capaz de proteger um pigmento vermelho que pode ser utilizado como corante. O crescimento microbiano ocorreu tanto por fermentação em submerso quanto em fermentação em estado sólido. Todos os experimentos foram feitos em escala de bancada.

Como resultado dos estudos foram obtidas atividades enzimáticas máximas de 130,8 U/g e 117 U/g de glicoamilase e protease, respectivamente. Além disso, houve produção de 0,3 g glicose por grama de resíduo de pão (HAQUE, 2016). Este valor é considerado baixo para o processo, na medida em que a fermentação com resíduos de alimentos mistos chegou ao valor de 0,53 g/g.

Como será visto nos próximos tópicos, a hidrólise enzimática do amido serve como primeira etapa para obtenção de diversos produtos a partir do pão, conforme diagrama da Figura 6. O processo em estado sólido é muito utilizado nas pesquisas para crescimento da biomassa e produção das enzimas. A fermentação em batelada é mais empregada para a hidrólise do resíduo de panificação.

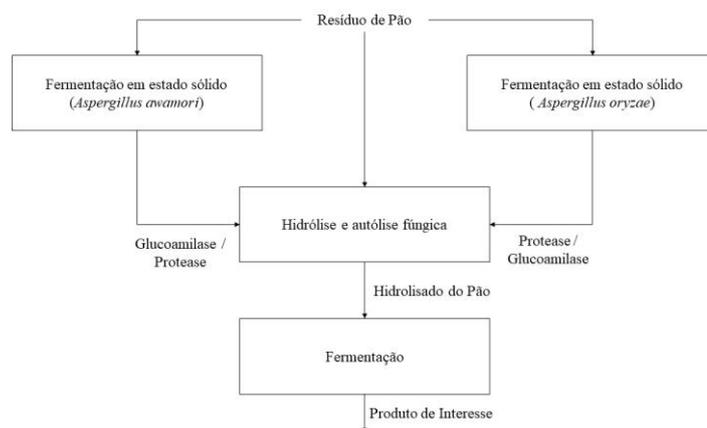


Figura 5 – Diagrama genérico de processo de transformação de resíduo em produtos de interesse (adaptado de LEUNG, 2012)

A tecnologia de fermentação em estado sólido vem sendo bastante pesquisada a partir deste século. Ela é vista como alternativa para tratamento de resíduos agroindustriais e geração de biomoléculas e produtos para a indústria. Seu uso é bastante comum somente na China, para produção de comidas e bebidas, onde 80% da produção de fermentados é produzido por este método. No ocidente, entretanto, esta técnica tem uso restrito, como no caso de queijos azuis, e somente atraiu interesse recente e o Brasil não consta entre os países com maior relevância. As atuais pesquisas enfrentam dificuldade para fazer aumento de escala pela heterogeneidade do sistema e intensa geração de calor (SOCCOL, 2017).

O principal concorrente da fermentação em estado sólido é a fermentação em submerso, na qual microrganismos crescem em meio líquido, com grande quantidade de água livre. Esta alternativa tem vantagens notáveis no que concerne instrumentação e controle, separação da biomassa depois da fermentação, mistura, aeração e aumento de escala (SOCCOL, 2017).

Em contraposição, a fermentação em estado sólido imita o habitat natural da maioria dos microrganismos, demanda energia menor para esterilização (por causa da baixa atividade da água), é mais susceptível à contaminação bacteriana, permite maior produtividade de muitas enzimas, é mais susceptível à inibição por substrato e permite uma maior concentração de produtos. Possui muitas vantagens ambientais, pois permite a reutilização de lixo agroindustrial como substrato ou fonte energética e facilita a gestão de resíduos sólidos, em paralelo com a menor produção de esgoto. Além disso, outros aspectos positivos são maior atividade e qualidade dos extratos, falta de necessidade de solventes orgânicos, que geralmente têm alguma toxicidade; menores custos de capital e operacionais, e processamento posterior e agitação reduzidos (SOCCOL, 2017).

### 3.3.3 Ácido láctico

O ácido láctico é um composto já bastante utilizado na indústria alimentícia e pode ser um precursor ou matéria-prima para compostos e produtos de diversas outras indústrias. Esta versatilidade faz com que sua aplicação industrial cresça a uma taxa de 5 a 10% ao ano. Apesar de sua síntese já poder ser feita de maneira comercial por rotas fermentativas, este crescimento atrai a pesquisa de novas alternativas para sua produção (KWAN, 2016).

Em todos os artigos encontrados, sua obtenção usando resíduo de panificação como substrato é feita em duas etapas. Primeiramente, o amido do pão é hidrolisado de acordo com o descrito na seção 3.3.2. Em seguida, bactérias capazes de fazer fermentação láctica transformam glicose em ácido láctico. Os experimentos foram feitos em escala de bancada (KWAN, 2016; ODA, 1997; PLEISSNER, 2015; YANG, 2015).

Os experimentos apresentaram bons resultados, e o rendimento máximo obtido foi de 0,23 gramas de ácido láctico por grama de resíduo de panificação (KWAN, 2016).

Os artigos mencionam que as tecnologias pesquisadas apresentam algumas vantagens competitivas em relação aos processos atuais. Primeiramente, o ácido láctico a partir do resíduo de pão não necessita de esterilização do meio de cultivo. Em seguida, o tempo de fermentação é relativamente curto. Por fim, este processo pode ser integrado com a fabricação de biodiesel, caso este seja um produto de interesse no caso. Em contrapartida, a alta escala é um grande desafio para a implementação de uma cadeia de suprimento a partir do resíduo de pão.

### 3.3.4 Etanol

Em um mundo de transição energética, o etanol é uma das principais opções de combustíveis líquidos renováveis. No Brasil, ele é tanto utilizado como combustível veicular quanto como aditivo à gasolina. Sua produção vem principalmente da cana-de-açúcar, que também é usada para fabricar açúcar. A concorrência com um produto alimentício traz a necessidade de buscar novas fontes, como a lignocelulose que produz o chamado etanol de segunda geração (PACHECO, 2011).

A matriz lignocelulósica é de difícil processamento e, por isso, o uso de matérias-primas como os resíduos de pão, que são baratas e menos difíceis de processar, pode se apresentar viável. Nos artigos pesquisados, etanol é obtido do resíduo do pão sem sinais de contaminação por bolores por hidrólise seguida de fermentação ou por sacarificação e fermentação simultâneas. Foi observada uma inibição do processo por glicerol. Os dois estudos foram feitos em escala laboratorial. Entre as duas alternativas, a segunda apresentou melhor desempenho. A

cada quilo de matéria seca foram produzidos 425,05 gramas de etanol (PIETRZAK, 2015), em comparação com 36,60 g/ 100 g matéria seca no primeiro caso (KAWA-RYGIELSKA, 2012).

Na Suécia, já existe uma planta da empresa Lantmännen com capacidade anual de produção de cinco milhões de litros de etanol a partir do processamento de resíduos de pão, o que é um ótimo indicador de viabilidade técnica do processo (KAWA-RYGIELSKA, 2012). A viabilidade econômica, entretanto, não é certa, pois as escalas de plantas de etanol comerciais são relativamente altas (na casa de dezenas ou centenas de milhares de toneladas por ano) e pela forte concorrência de outros combustíveis.

### 3.3.5 Hidrogênio

Enquanto o etanol é uma alternativa renovável de combustível líquido, o hidrogênio é usado como combustível gasoso. Este gás possui a vantagem de sua combustão não gerar gás carbônico. Da mesma maneira que o etanol, sua produção concorre fortemente com outros combustíveis, só que no seu caso ainda existe uma demanda pequena do mercado. Por ser altamente inflamável e explosivo, seu manuseio exige uma série de medidas de segurança que inibem seu uso. Ele pode ser produzido por rotas petroquímicas, contudo novas formas são pesquisadas, entre elas o uso do pão como matéria-prima.

Assim como em outros casos, foi realizada uma etapa prévia de hidrólise enzimática, utilizando resíduo de pão não esterilizado. Em seguida, o hidrogênio pode ser gerado a partir do hidrolisado por fermentação escura ou fotofermentação. Por um lado, a fotofermentação é limitada pela dependência da luz para ocorrer. Por outro lado, a fermentação escura apresenta altos custos de unidade de produção de hidrogênio pela sua configuração (HAN, 2016a).

Na maioria dos artigos pesquisados, a escala adotada foi a laboratorial. Todavia foi feita uma análise técnica de viabilidade de escala piloto de produção por fermentação escura e uma pesquisa foi realizada em uma planta piloto de quatrocentos litros de produção de metano e hidrogênio. Neste caso, foram obtidos 16,8 litros de H<sub>2</sub> por quilo de resíduo de pão (DOI, 2009). O artigo deixa claro que uma otimização para aumento de escala é imprescindível. Em testes laboratoriais, este valor chegou a até 109,5 litros por quilo, o que demonstra potencial de otimização do processo (HAN, 2016b).

### 3.3.6 Goma xantana

A goma xantana é um heteropolissacarídeo com aplicação em diversas indústrias, como alimentos, farmacêuticos, cosméticos e petróleo, pelas suas características reológicas únicas. A

sua utilização cresce cerca de 5-10% por ano, o que atrai o interesse na sua produção por outras fontes (DEMIRCI, 2019).

Bactérias do gênero *Xanthomonas* são capazes de produzir a goma xantana por fermentação aeróbica. Devido ao aumento de preços da glicose e da sacarose, o pão descartado sem contaminação com bolor pode ser um bom substituto. Para este substrato, assim como em outros processos, o amido foi previamente hidrolisado para produzir hexoses livres. A extração da goma é feita com isopropanol gelado.

O experimento foi realizado em escala laboratorial e foi obtido 0,24 g de goma xantana por grama de pão descartado (DEMIRCI, 2019).

### 3.3.7 Ácido succínico

O ácido succínico, assim como o láctico, é um precursor para diversas substâncias químicas. Recentemente vêm sido pesquisadas alternativas fermentativas para a atual rota petroquímica. Estas rotas, além de serem sustentáveis, exigem condições de processo mais amenas, o que reduz custos fixos.

Plantas industriais por fermentação já foram inauguradas pela BioAmber, Myriant, Reverdia e Succinity. A BioAmber faliu em 2018 e a planta com capacidade de 30.000 t/ano foi fechada. A Reverdia, *joint venture* da DSM e Roquette, foi desfeita pelas empresas originárias. Outras plantas seguem o mesmo caminho e estão ociosas, pois os projetos foram desenvolvidos quando o barril do petróleo estava acima dos cem dólares, valor que ele não atinge há cinco anos.

A rota fermentativa proposta por Leung (2012) para utilização do resíduo de panificação se assemelha a muitos processos descritos anteriormente, pois integra uma hidrólise enzimática do substrato com a fermentação principal para obtenção do produto de interesse. Neste caso, foi adotada uma fermentação anaeróbica com agitação feita pelo *Actinobacillus succinogenes*

O experimento inicial foi feito em escala de laboratório, com rendimento de 0,55 g de ácido succínico por grama de pão. Posteriormente, Lam (2014) fez uma análise de viabilidade de escala piloto com produção de cerca de 28 ton/ano com base nos resultados de Leung (2012).

### 3.3.8 Metano

O metano é o principal composto presente no biogás, combustível gasoso obtido a partir da fermentação anaeróbica de matéria orgânica. Esta alternativa está em voga atualmente por gerar reaproveitamento energético de um material com baixo ou nenhum valor econômico e que seria possivelmente descartado em aterros, substituindo assim parcialmente combustíveis

fósseis. Este produto pode ser obtido por vários resíduos diferentes, e em dois artigos pesquisados um dos substratos estudados foi o de panificação.

Em cada artigo foi utilizada uma rota diferente de fermentação. Forbes (2009) faz uma degradação enzimática do carboidrato pelo fungo aeróbico e termofílico *Talaromyces emersonii*. Em seguida, uma lama granular mesófila faz a fermentação do hidrolisado para formar biogás. Já Nishio (2006) utiliza um método de fermentação em duas etapas. Primeiramente, uma lama termófila do esgoto fermenta o panificado para produzir hidrogênio. Acetatos, propionatos e butiratos gerados como sub-produtos da fermentação são degradados por fermentação anaeróbica pela ação de grânulos metanogênicos que formam o metano.

O primeiro experimento foi realizado em escala laboratorial. A redução da demanda química de oxigênio foi de cerca de 88%, e a quantidade de metano no biogás chegou a 59,6%. O segundo experimento já foi feito em planta piloto, gerando 2,4 mol de hidrogênio e 8,6 mol de metano por quilo de massa úmida (FORBES, 2009, NISHIO, 2006).

### 3.3.9 HMF

Assim como outros produtos mencionados neste capítulo, o 5-hidroximetilfurfural é considerado uma plataforma sustentável para produção de químicos que possui aplicações em diversas indústrias como na fabricação de polímeros, medicamentos e biocombustíveis. (YU, 2016; YU, 2017a,b; CAO, 2018a,b)

Este composto é normalmente obtido a partir de sacarídeos, logo o uso de resíduo de pão, um substrato rico em polissacarídeos, pode se mostrar atrativa. O procedimento de conversão passa por hidrólise catalisada por ácido de Bronsted para glicose, isomerização catalisada por ácido de Lewis para frutose, e desidratação catalisada por ácido de Bronsted que enfim forma o HMF (YU, 2017b).

Este processo esbarra em uma baixa seletividade do HMF na etapa de desidratação por causa da presença de água e do ácido de Lewis, que favorece a ocorrência de reações laterais. Por isso, os estudos encontrados focam um sistema catalítico que aumente a seletividade e em consequência o rendimento do HMF. Foram utilizados diversos sais de cloreto, como cromo, alumínio e estanho, e carvão ativado. Diversos solventes polares apróticos foram utilizados em conjunto com água, como DMSO, THF, acetona e acetonitrila. (YU, 2016; YU, 2017a,b; CAO, 2018a,b)

Todos os experimentos foram feitos em escala laboratorial. Os melhores rendimentos foram obtidos com  $\text{SnCl}_4$  e carvão ativado sulfonado e fosforilado como catalisadores e DMSO

como solvente. Em todos os casos foi obtido rendimento de cerca de 30 molC %, o que equivale a 22% em massa de HMF por resíduo de pão. (YU, 2016; YU, 2017a,b; CAO, 2018a,b)

### 3.3.10 Compostos voláteis

Fragrâncias e condimentos são compostos muito usados no mercado de aditivos alimentares. A produção destes aromas por fermentação ou conversão por vias bioquímicas usando microrganismos é uma alternativa mais econômica a extração de matérias-primas como plantas (DAIGLE, 1999).

No experimento com resíduo de pão, oito cepas de leveduras foram testadas, contudo somente *Geotrichum candidum* apresentou aromas agradáveis, que estavam ligados a frutas. Sua extração foi feita por amostragem do headspace, com uso de metanol líquido ou em sílica (DAIGLE, 1999).

Todos os testes foram feitos em escala laboratorial. No total, foram encontrados catorze aromas principais produzidos pela levedura. Em destaque, propionato de etila, acetato de etila, isobutirato de etila e butirato de etila foram produzidos, com concentrações 150, 50, 30-50 e 10-25 mg por kg de meio. O meio foi preparado com 35% de resíduo de pão hidratado em 65% em massa de água. Estes compostos têm aromas ligados a banana, abacaxi, cítrico e doce, respectivamente. (DAIGLE, 1999)

### 3.3.11 Biomassa

O pão é um substrato nutritivo para crescimento microbiano. Ele costuma apresentar quantidades significativas de carboidratos, lipídios e proteínas, que em sua maioria estão em formas não acessíveis facilmente aos microrganismos. Por isso, na maioria dos estudos já mencionados o resíduo de panificação sofre uma hidrólise enzimática para formação de açúcares, aminoácidos e peptídios.

O hidrolisado é passível de maior aproveitamento de leveduras e microalgas, por exemplo. Estes organismos podem tanto servir como ator para produção de todo tipo de compostos quanto como alimento seguro e nutritivo que pode ser usado como suplementação nutricional.

Por mais que o crescimento microbiano seja abordado em todo estudo que envolva processos fermentativos, Benabda (2018) e Sloth (2017) o abordaram de maneira mais direta e por este motivo foram separados nesta seção. Benabda (2018) aborda o crescimento de *Saccharomyces cerevisiae*, levedura responsável pela produção de cerveja e do próprio pão, a partir de pão hidrolisado por enzimas extraídas de bolores. Sloth (2017) estuda o crescimento

da microalga *Galdieria sulphuraria* e a síntese de ficocianina, um pigmento azul. Ela utiliza resíduo de panificação hidrolisado por um preparado amilolítico e proteolítico. Deve-se inicialmente certificar se não existe infestação de microrganismos no substrato para que a cultura cresça bem e para que não haja contaminação na biomassa.

Nos dois cenários, os experimentos foram conduzidos em escala laboratorial. Os dois estudos concluíram que o resíduo de panificação pode ser um bom substrato para crescimento destes microrganismos com baixo custo. Benabda e Sloth obtiveram crescimento de 0,77 e 0,55 g/g de açúcar de levedura e de microalga, respectivamente.

## 4 Setor de panificação na cidade do Rio de Janeiro

Este capítulo aborda o setor de panificação do município do Rio de Janeiro de duas formas. Primeiramente, as padarias do Rio de Janeiro são distribuídas e quantificadas, de forma a se obterem dados gerais para toda a cidade. Em seguida, a partir das entrevistas feitas, as padarias do local são analisadas, utilizando os critérios classificativos da seção 3.1.

### 4.1 Distribuição de padarias na cidade

Na Figura 6, está detalhado o mapa de calor de padarias na cidade do Rio de Janeiro para a observação de onde se concentram mais as padarias e busca de possíveis centros. Este mapa é exibido em uma das funcionalidades do Economapas, e divide a cidade em bairros.

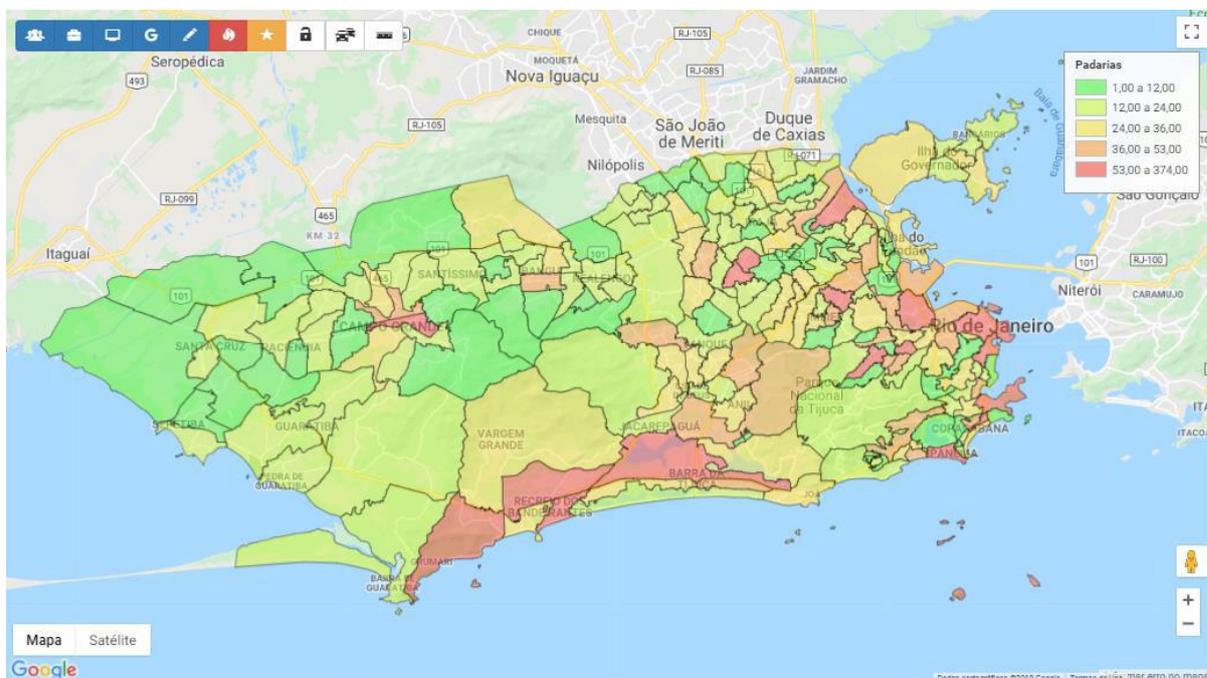


Figura 6 – Mapa de calor das padarias na cidade do Rio de Janeiro (ECONOMAPAS, 2019)

Em geral, pode-se notar que existem algumas regiões onde se concentram mais padarias: Barra da Tijuca e Recreio, Centro, Zona Sul, partes da Zona Norte (Tijuca, Meier, entre outros) e Campo Grande. Entretanto, como o tamanho das sub-regiões é diferente, este tipo de visão sem outros dados socioeconômicos e o número exato de padarias por região pode gerar distorções.

Para sanar este problema, com o programa a cidade foi dividida em sete regiões, das quais foram extraídos indicadores. As regiões foram delimitadas de maneira estimada, e correspondem às seguintes áreas da cidade: Centro, Zona Sul, Grande Tijuca, Grande Jacarepaguá, Barra da Tijuca / Recreio / Arredores, outros bairros da Zona Norte e da Zona Oeste. Estas áreas estão marcadas na Figura 7 e os respectivos dados se encontram na Tabela 2.

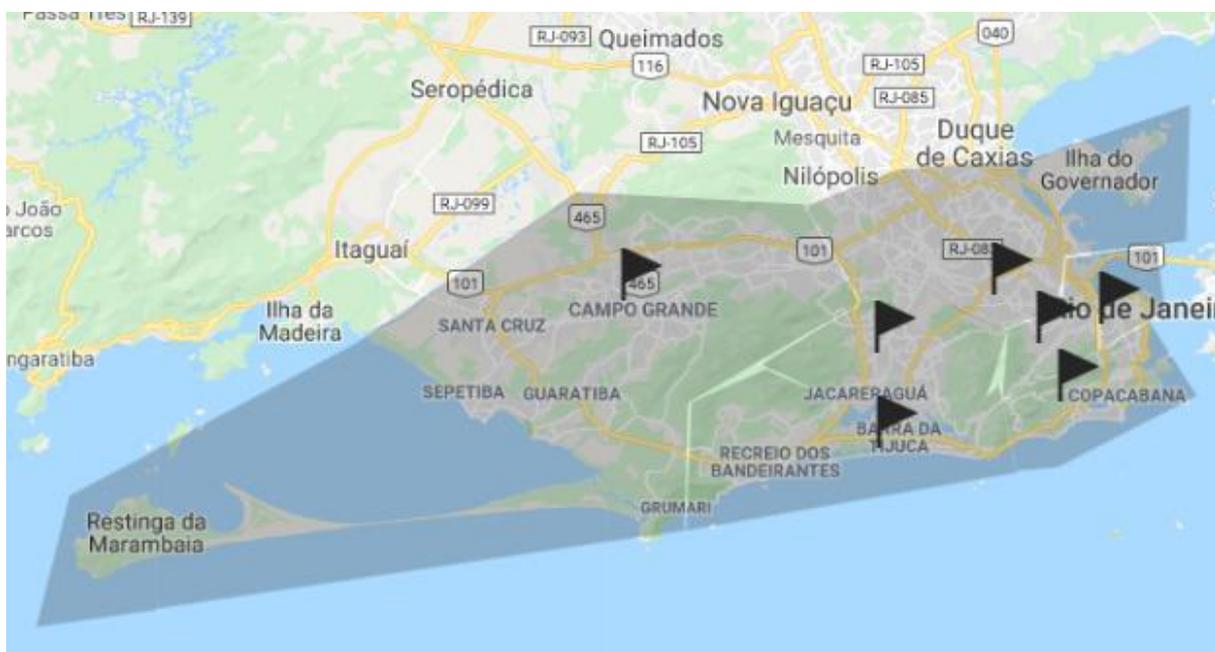


Figura 7 – Divisão de áreas adotada (ECONOMAPAS, 2019)

Tabela 2 – Dados socioeconômicos e de padarias por região da cidade. (ECONOMAPAS, 2019)

<b>Região</b>	<b>População (habitantes)</b>	<b>Padarias</b>	<b>Padaria per capita</b>	<b>Padarias<sup>1</sup></b>
Centro	251906	559	0,002219	11,1%
Zona Sul	712857	653	0,000916	12,9%
Grande Tijuca	418401	422	0,001009	8,4%
Zona Norte	2614434	1577	0,000603	31,2%
Zona Oeste	1763540	874	0,000496	17,3%

Grande Jacarepaguá	560922	404	0,000720	8,0%
Grande Barra e Recreio	366853	564	0,001537	11,2%

<sup>(1)</sup> Porcentagem sobre o total de padarias da cidade do Rio de Janeiro.

Em termos de número absoluto de estabelecimentos, a zona norte (incluindo Tijuca e arredores como bairros da região) se destaca com quase 40% deles. Em relação à proporção padaria por pessoa e padaria por área, as principais regiões são o Centro e a Grande Barra.

Para criar um panorama geral da cidade, associou-se os dados a respeito das panificações obtidos no Economapas com dados demográficos do Rio de Janeiro obtidos do IBGE. Assim, relações entre população, padarias e área municipal são obtidas. Estes dados estão condensados na Tabela 3.

Tabela 3 – Dados gerais e de padarias da cidade do Rio de Janeiro (ECONOMAPAS, 2019 e IBGE, 2019).

<b>Padarias</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>População</b>	<b>Padarias per capita</b>	<b>Densidade de padarias</b>
5.053	1.200,255	6.718.903	1 a cada 1330 habitantes	4,21 padarias/km <sup>2</sup>

Os indicadores coletados mostram a relevância do Rio de Janeiro enquanto grande metrópole para este setor. Esta metrópole, por ser uma área de grande concentração urbana, apresenta grande quantidade de padarias em uma região relativamente pequena e, conseqüentemente, grande produção de panificados.

## 4.2 Padarias artesanais

De acordo com a definição da seção 3.1, as padarias artesanais são identificadas pela venda em varejo para o consumidor final e por atender majoritariamente o consumidor local. A produção por empresa tende a ser naturalmente menor que a de padarias industriais, contudo pela grande quantidade destes estabelecimentos a produção advinda destes negócios é a maior parcela no país. Por isto, é essencial entender a prática de cada uma para saber o comportamento do todo. Durante o período de entrevistas três empresas foram abordadas, a A e a C enquadradas como padarias tradicionais e a B como padaria gourmet.

Em termos de gestão, este tipo de empresa na maior parte dos casos tem dificuldade de quantificar com precisão todos os dados produtivos, e esta incapacidade cria uma despreocupação com perdas produtivas, processos não otimizados, e desperdício. Estas empresas, apesar de terem o foco na panificação, vem buscando crescimento com o aumento de variedade em seu negócio, abrangendo refeições e lanches, por exemplo (SEBRAE, 2017).

Em termos de produção, nas padarias entrevistadas cerca de cinquenta a trezentos quilogramas de farinha são consumidos diariamente. Nota-se que, dependendo da empresa, as boas práticas de fabricação podem seguidas ou não, o que pode afetar diretamente a qualidade microbiológica do produto. Além disso, quanto menos padronizada a produção, maior a chance de haver erros produtivos que culminem em pães fora do padrão de qualidade do estabelecimento. De qualquer maneira, o pão francês produzido deve ser vendido no dia, enquanto outros produtos podem durar até no máximo três a quatro dias, de acordo com o relato dos proprietários. Este tempo curto de prateleira exige que a estimativa de demanda seja diária, o que é algo complexo de estimar precisamente.

Em geral, esta estimativa é feita com base em variações por dia da semana e por períodos do ano. Épocas festivas assim como feriados e eventos geram diminuição da demanda. Variações climáticas também interferem. Desta forma, o que as empresas adotam como paliativo é avaliar a quantidade a ser produzida com base no que está em prateleira. Ainda assim, foi mencionado em entrevista que cerca de 20% da produção, dependendo do tipo do pão, não é vendido. Este valor, apesar de muito elevado, foi mencionado com naturalidade pelo proprietário da padaria A, o que demonstra pouca visão do impacto econômico.

As práticas mais comuns para este tipo de padaria são o reaproveitamento de excedentes para elaboração de outros panificados ou doação. O primeiro caso usa principalmente o pão francês para fazer farinha de rosca, torrada, outros tipos de pão, pudim, rabanada, já o segundo serve para pão careca e confeitados à base de pão, por exemplo, que vão para funcionários ou moradores de rua.

Como grande parte do excedente é destinado e as perdas econômicas em geral são embutidas no preço do produto, não existe uma visão clara do quanto do produzido não é vendido. Por isto, este trabalho percebe que estes donos em geral não veem a possível oportunidade econômica do reaproveitamento e sua relevância. Para conseguir uma visão completa desta perda, seria necessário entender tudo o que foi para a prateleira e não foi vendido. Em seguida, após o reuso do produto observar-se-ia qual foi a recuperação do valor econômico. Por fim, seria importante entender também a perda potencial por não atender possíveis demandas.

### **4.3 Padarias industriais**

As padarias industriais, conforme consta na seção 3.1, se diferenciam pela venda em atacado para empresas e por um alcance de mercado em nível municipal ou regional. Sua

produção naturalmente tende a ser alta em comparação com os outros tipos pela abrangência. Este volume faz com que estes sejam atores muito importantes no cenário panificador carioca e conseqüentemente na produção de resíduos do setor.

Estas empresas também possuem outras peculiaridades relevantes. Em relação a gestão, elas possuem um sistema mais organizado e profissional. Por isso, elas são mais capazes de obter dados precisos em relação a produção e suas perdas. Ao mesmo tempo também se preocupam mais em otimizações porque as veem como oportunidades de aumentar seus lucros. Por fim, conseguem fazer estimativas de demanda mais bem embasadas e fazer reajustes a curto prazo a tempo de evitar grandes perdas.

Em relação a produção, elas têm maior atenção à padronização dos alimentos e controle de qualidade. Seus produtos tendem a durar mais tempo, o que é necessário porque seus produtos ficam mais tempo em estoque na revenda. Eles retornam à panificadora somente quando sua validade já passou ou está próxima do fim. Logo, não existe tanta possibilidade de fazer reaproveitamento do excedente produtivo dentro da própria panificadora.

Durante as entrevistas, notou-se que a classificação de padaria industrial é bastante abrangente, englobando empresas com características bem diferentes, e pode se confundir em alguns casos com a de padaria artesanal. Enquanto a empresa E é voltada para a venda de uma grande variedade de pães ao amplo consumidor, produz em escala muito maior e utiliza muito revenda em mercados e padarias, a D é especializada em pão de hambúrguer, produz em menor escala e foca em venda para hamburguerias, lanchonetes e outros estabelecimentos de comida pronta.

De acordo com a coleta de informações com as empresas, as padarias industriais trabalham com o sistema de venda consignada. De maneira mais detalhada, os produtos que as empresas não vendem e estão perto ou passam do prazo de validade são recolhidos e substituídos por produtos novos sem cobrança adicional.

Este retorno gera um passivo sensível para a empresa. Por estarem fora da validade, seu reuso fica bastante restrito e a empresa fica responsável por fazer sua destinação. Este montante corresponde a 6,6%-6,7% e 1,5%-2,0% do vendido pela empresa E e D, respectivamente. Estes valores são suficientemente altos para gerar impacto no negócio e no meio ambiente, caso uma destinação adequada não seja feita.

A alternativa adotada pelas duas empresas abordadas é a destinação para a ração animal. Nos dois casos, o excedente é doado para transportadores que o levam até fazendas. O processamento do resíduo é feito ou pela transportadora ou pela fazenda. No caso da maior panificadora, a E, vale destacar que a fazenda que recebe a matéria orgânica se localiza em São

Paulo, logo somente o transporte gera um impacto ambiental muito grande pela queima de combustível fóssil. Em compensação, esta alternativa não gera mais ônus financeiro para a empresa.

#### **4.4 Padarias em supermercados**

A forma de venda de panificados em supermercados é similar ao que ocorre nas padarias artesanais, contudo existem algumas diferenças sensíveis entre os dois negócios. Enquanto no primeiro a produção própria é destaque, no segundo o foco é na revenda, e a padaria interna é uma forma de oferecer um serviço mais completo ao cliente e atender uma demanda reprimida das pessoas que visitam regularmente o mercado.

Em seguida, a escala do supermercado é um diferencial. Comprar e vender em grande quantidade gera um poder de barganha muito grande na hora de negociar com consumidores e ter uma variedade enorme de produtos à venda traz muitas pessoas à vitrine da padaria. Por estes motivos, os supermercados são concorrentes importantes das padarias artesanais. Ao mesmo tempo, apesar do potencial de crescimento, sua fatia de mercado ainda é pequena. Conforme mencionado previamente, as perdas no setor de padaria de supermercados ficaram em 4,12%. Estas perdas ficaram na faixa de 4 a 5% nos últimos cinco anos (ABRAS, 2019).

Pela sua participação no mercado de panificação e por se basear em pilares similares aos das padarias, os supermercados não foram priorizados para ser feita a pesquisa de mercado. Desta forma, no próximo capítulo este trabalho desenvolverá o tema se baseando nos dois tipos de padaria anteriores.

## **5 Oportunidades nas Padarias Cariocas**

A pesquisa de mercado feita durante o trabalho mostrou um cenário positivo em que não é prática das padarias jogar o resíduo de panificação no lixo comum. Por um lado, as padarias artesanais reutilizam parte dos resíduos internamente na produção de outros produtos e doa parte para quem precisa. As industriais destinam principalmente à ração animal. Neste cenário, a percepção do mercado é de que o problema do excedente da panificação está solucionado e por isso, para alguns donos, não há desperdício.

Esta afirmativa não é completamente verdadeira na prática. Por trás das alternativas adotadas, existe, primeiramente, desperdício de tempo e dinheiro, pois a produção de produtos não vendidos demanda horas e, quando eles permanecem na prateleira, deixam de gerar faturamento para a empresa. Além disso, o fato de uma solução ter sido encontrada não quer

dizer que ela é a mais indicada nem que não seja possível encontrar alternativas inovadoras melhores.

As inovações tecnológicas mapeadas na seção 4.3, apesar de em sua maioria no momento não estarem disponíveis para aplicação comercial, podem, assim que viabilizadas, serem aplicadas e trazer bons retornos para este resíduo. Desta forma, com base na revisão bibliográfica e no aprofundamento em informações mercadológicas de cada químico, este capítulo visa entender quais das novas tecnologias podem se aplicar ao caso desta cidade.

## 5.1 Dados econômicos dos produtos

Por mais que o estudo se proponha a fazer uma análise qualitativa de quais alternativas são mais viáveis para o Rio de Janeiro, pode-se utilizar alguns dados como forma de comparação e para o embasamento argumentativo. Desta forma, em associação aos estudos acadêmicos propostos, esta monografia traz alguns dados econômicos de cada químico que pode ser produzido a partir de resíduo de pão.

O primeiro dado abordado neste estudo é preço de cada produto, obtido no *Trade Map*<sup>2</sup>, elaborado pelo *International Trade Center*. Os preços presentes na Tabela 4 se referem a valores médios de importação de cada produto com o código aduaneiro respectivo (HS Code) em setembro de 2019. Vale destacar que nem todo código é referente ao produto específico, mas pode estar ligado a classe de produtos dos quais ele faz parte, o que pode trazer distorções como no caso do hidrogênio.

De maneira geral, os produtos com maior preço possuem maior valor agregado e podem ser negócios que geram maior faturamento.

Outro componente a ser observado é a escala comercial de produção de cada químico. Na Tabela 4 encontram-se capacidades produtivas anuais de plantas industriais para geração dos produtos. Os dados foram retirados do site da empresa *Intratec Solutions*, que elabora relatórios de viabilidade econômica de processos com base nas plantas em operação. Multiplicando a capacidade pelo preço é possível estimar um potencial faturamento que a planta pode atingir. Vale notar que a capacidade produtiva das plantas industriais varia fortemente com o insumo utilizado para produção, tanto por disponibilidade quanto por tecnologia. Por exemplo, plantas

---

<sup>2</sup> Trade Map é uma ferramenta elaborada pelo International Trade Centre UNCTAD/WTO (ITC) que permite a visualização de informações de maneira visual e interativa sobre fluxo de importações e exportações de produtos nos países, entre outras utilidades. Ela é muito usada para facilitar pesquisa de mercado estratégica, monitorar performance de troca, revelar vantagens competitivas e identificar potenciais de mercado.

de químico produzido por rotas biológicas tendem a ter capacidades menores que as plantas por rotas petroquímicas.

Os faturamentos auxiliam uma análise qualitativa sobre potencial de lucro, contudo não se pode fazer afirmações quantitativas sobre eles sem uma análise de viabilidade econômica que traga um estudo dos custos fixos e variáveis da planta.

Todavia, não é válido conjecturar grandes fábricas dos produtos caso não seja viável obter a quantidade de resíduo de pão necessário para servir de matéria-prima à planta. Para isso, este estudo utiliza os dados de rendimento dos processos obtidos da literatura na seção 4.3. Estes dados dão uma relação entre pão e produto para converter a capacidade produtiva da planta em demanda de pão. Considera-se que não haveria otimização nem perda do rendimento antes ou durante o aumento de escala, e que a capacidade da planta que utilizaria o pão como insumo seria a mesma da que utiliza o insumo comercial atualmente. Vale notar que este é um cálculo preliminar, pois todos os processos ainda precisam fazer aumento de escala e ainda é possível fazer otimizações para aumento de rendimento. Os resultados estão condensados na Tabela 4.

Considerando o consumo anual per capita brasileiro de 22,61 quilos de pão mencionada no subcapítulo 1.1 e a população carioca de 6.718.903 pessoas que consta na Tabela 3; e assumindo que as padarias vendem 80% do pão e desperdiçam 20%, chega-se a uma estimativa de 104 toneladas de pão desperdiçado por dia na cidade. Os dados de demanda de pão da Tabela 4 mostram que quase todas as plantas comerciais demandariam quantidade maior de pão para operar em capacidade nominal do que o produzido pela cidade, com exceção da cerveja e do biogás. Desta forma, fica inviável aplicar as rotas tecnológicas a partir dos resíduos de panificação utilizando as capacidades estudadas. No caso da cerveja, que apresentou o menor valor de maneira destacada, o resíduo do pão é utilizado como fonte complementar de amido ao malte para o consumo da levedura.

Tabela 4 – Dados relativos ao mercado e síntese de produtos (INTRATEC, 2019).

<b>Produto</b>	<b>HS Code</b>	<b>Preço (US\$/kg)</b>	<b>Capacidade da planta</b>	<b>Insumo Comercial Referência</b>	<b>Faturamento Potencial</b>	<b>Demanda de pão (t/dia)</b>
Ácido oleico	3823120000	1,42	100 kt/ano	Óleos vegetais	US\$ 142 milhões/ano	não calculado <sup>5</sup>
Etanol	220720	1,47 <sup>1</sup>	80 kt/ano	Cana-de-açúcar	US\$ 149 milhões/ano	516
Glicose	1702304040	0,52	585 kt/ano	Açúcar mascavo	US\$ 304 milhões/ano	5342
Ácido lático	29181110	1,96	100 kt/ano	Xarope de glicose	US\$ 196 milhões/ano	1191
Hidrogênio	280410	353 <sup>4</sup>	0,025 km <sup>3</sup> /ano	Gás natural	US\$ 8,83	626
Goma Xantana	391390	11,47	12 kt/ano	Açúcar	US\$ 138 milhões/ano	137
Cerveja	2203000030	1,53	240 kL/ano	Resíduo de pão	US\$ 367 mil/ano	0,049
Ácido succínico	2917192700	4,11	30 kt/ano	Xarope de glicose	US\$ 123 milhões/ano	149
HMF	2932195100	17,46 <sup>3</sup>	65 kt/ano	Xarope de glicose	US\$ 1,13 bilhões/ano	809
Metano	2711290060	2,77	5,4 kt/ano	Lixo municipal	US\$ 15,0 milhões/ano	61
Levedura	2102100000	2,08	4 kt/ano	Açúcar	US\$ 12,5 milhões/ano	não calculado <sup>5</sup>

<sup>(1)</sup> Unidade usada para o produto é US\$/L

<sup>(2)</sup> Preço de importação da China

<sup>(3)</sup> Preço de outubro de 2019

<sup>(4)</sup> Unidade usada para o produto é US\$/km<sup>3</sup>

<sup>(5)</sup> O estudo não fez relação direta de rendimento a partir da massa de pão

Desta forma, para a maioria das tecnologias estudadas, existem duas maneiras de adaptá-las à realidade: produção em escala menor e mistura de outros resíduos ao de panificação. No primeiro caso, deve-se estudar a viabilidade econômica de fazer uma planta com menor capacidade para a produção de cada químico no local. Para isto, seria interessante saber qual é o mercado de cada produto no Brasil e no caso deste estudo no Rio de Janeiro.

No segundo caso, o resíduo de panificação poderia ser misturado a outros resíduos nutritivos, como o de restaurantes, para gerar volume suficiente de substrato para alimentar a planta. Esta estratégia foi inclusive adotada em alguns estudos e apresentou bons resultados. Sua principal limitação para o *scale-up* é o aumento da variação da composição nutricional da matéria-prima, que dificulta a produção comercial padronizada.

## **5.2 Viabilidade dos processos de reaproveitamento de resíduos de pães na cidade para a fabricação dos produtos**

De acordo com a seção 4.3, é possível retirar algumas conclusões gerais a respeito das novas rotas propostas para reutilização do resíduo do pão. Com exceção do reaproveitamento nas padarias e cervejarias, todas as tecnologias estão em nível de maturidade inicial, com experimentos a nível de bancada ou escala piloto. Desta forma, um aumento de escala é etapa essencial para aplicação comercial das tecnologias.

Um dos principais desafios a serem superados pelos pesquisadores é o caráter heterogêneo dos resíduos, incluindo o de panificação. Pelas diferentes formas de elaboração e os diferentes tipos de pão que podem ser elaborados, a composição química pode variar muito, o que afeta o reaproveitamento do pão. Por exemplo, os resíduos de padarias industriais contêm conservantes que podem inibir o crescimento microbiano no reaproveitamento.

Assim, um tratamento preliminar do substrato é necessário para sua aplicação. Todas as rotas estudadas fazem algum tipo deste processo. Na maior parte dos casos, o resíduo é triturado e secado. Em alguns, é mencionado que foi verificada a não infestação do pão por bolores. Somente em poucos estudos é mencionada autoclavagem para esterilizar o meio. Para aplicações industriais, deve ser estudado qual tipo de pré-tratamento é mais adequado. Além disso, em cada tecnologia estudada existem desafios e vantagens em específico que a tornam mais próxima ou distante de ser aplicada comercialmente.

Alguns produtos já são produzidos em escala industrial por fermentação da glicose. São eles o ácido lático, ácido succínico, etanol e hidroximetilfurfural. Isto lhes traz uma grande vantagem competitiva em relação às outras, pois a segunda etapa da produção a partir de resíduo

de pão está teoricamente viabilizada. Desta forma, a etapa em comum a ser desenvolvida em escala industrial é a hidrólise enzimática do resíduo de panificação. Inclusive, esta etapa é vista como um gargalo tecnológico por diversos artigos de reaproveitamento de resíduos do pão diferentes.

A produção de metano em forma de biogás por fermentação anaeróbica é uma rota já praticada comercialmente em nichos para o tratamento de resíduos orgânicos e é um candidato forte de destinação do resíduo de pão atualmente. Sua aplicação depende da escolha do melhor sistema ao substrato e da sua adaptação para recebê-lo.

Apenas um estudo acerca da produção de goma xantana a partir do resíduo de panificação foi feita. De qualquer forma, o seu alto valor agregado e características especiais, além do bom resultado obtido no experimento realizado, mostram que este pode ser bom caminho a ser seguido pelo setor.

O etanol e o ácido lático apresentam cenários semelhantes em relação a esta tecnologia. Ambos possuem grande demanda no país, seja para fins energéticos ou alimentícios, e já são produzidos comercialmente por rotas fermentativas. O uso do pão para sua produção pode reduzir muito custos com matéria-prima e permitir que os substratos atualmente utilizados, como a cana-de-açúcar, sejam destinados para outro fim importante. Entretanto, é importante verificar se a produção em plantas menores é economicamente viável para os dois produtos.

Por fim, o crescimento da levedura *Saccharomyces cerevisiae* pode ser muito prática utilizando excedentes de panificação. Esta levedura é destinada para produção de pão e cerveja (que pode utilizar os mesmos excedentes para ser produzida), logo a integração dos processos é muito simples.

Por outro lado, outras tecnologias estudadas, por diversos motivos, ainda não são tão propensas a serem utilizadas no contexto do município do Rio de Janeiro neste momento. Este fato não determina que algumas delas não podem ser adotadas no futuro com a eliminação de algumas barreiras para sua aplicação.

O ácido succínico, pelo seu potencial econômico enquanto intermediário biotecnológico, também poderia servir muito bem ao propósito. Os estudos preliminares foram promissores e já foram desenvolvidas quatro plantas comerciais desenvolvidas por fermentação que pode servir de base de desenvolvimento de uma nova. Entretanto, o baixo valor do petróleo no mercado vem desestimulando a produção por rotas bioquímicas, e, inclusive, as plantas já construídas não estão em plena atividade.

A glicose, pelo seu baixo valor comercial, é muito mais utilizada como um intermediário para síntese de outros produtos, do que como produto de interesse. Ela também pode ser mais

facilmente extraída de outros produtos, como cana-de-açúcar. Ácidos graxos, como o oleico, são produzidos em baixa quantidade do pão e demanda alta escala, o que torna sua produção inviável.

Hidrogênio, apesar de ter alto potencial energético sustentável, é muito inflamável, tem grande potencial explosivo e ainda não é priorizado como matriz energética brasileira. Por fim, hidroximetilfurfural, apesar de ser plataforma química com potencial de substituir petroquímicos, e de ser produzido por rota fermentativa, ainda apresenta muita limitação por baixa seletividade da produção de HMF por existência de diversas rotas laterais nas etapas do processo e problemas de toxicidade e custo de matéria-prima.

O Quadro 6 sumariza toda a discussão apresentada nesta seção, apresentando vantagens competitivas da sua produção, suas barreiras tecnológicas e não tecnológicas.

Quadro 6 – Análises dos produtos do resíduo de panificação

<b>Produtos</b>	<b>Vantagens competitivas</b>	<b>Barreiras tecnológicas</b>	<b>Barreiras não tecnológicas</b>
Ácidos graxos	-	Baixa concentração de proteínas; Inibição do substrato.	Escala elevada.
Ácido láctico	Meio não esterilizado; Tempo curto de fermentação; Processo fermentativo comercial; Integração com produção de biodiesel.	Configuração do reator; Hidrólise enzimática.	Escala elevada.
Ácido succínico	Maior produtividade entre resíduos; Estudo de viabilidade de planta piloto.	Variação no preço dos produtos; Custo de mão-de-obra; Disponibilidade de resíduo de pão afetam fortemente a lucratividade.	Baixo custo do petróleo.
Etanol	Planta industrial na Finlândia; Processo fermentativo comercial.	Inibição pelo glicerol; Hidrólise enzimática.	Escala elevada; Concorrência de combustíveis.
Glicose	Intermediário para outros processos.	-	Produto relativamente barato; Escala elevada.
Goma xantana	-	Condições de maior produtividade diferem de maior viscosidade	-
Hidrogênio	Teste em planta piloto.	Otimização em <i>scale-up</i> ; Necessidade de luz; Hidrólise enzimática.	Demanda do mercado; Periculosidade.
HMF	Processo fermentativo comercial.	Seletividade da desidratação; Reciclagem do catalisador.	Solventes tóxicos; Reagentes caros.
Levedura	Substrato tem menos contaminantes tóxicos	-	-
Metano	Processo fermentativo comercial.	Hidrólise enzimática; Seleção do melhor sistema ao substrato.	-

## **6 Conclusões e Considerações Finais**

O primeiro objetivo do trabalho era mapear oportunidades de reaproveitamento de resíduos de panificação. Como resultado da pesquisa bibliográfica feita, percebeu-se que o assunto recebendo cada vez mais atenção da comunidade científica internacional nos últimos anos. No total foram encontrados conteúdos que descrevem processos para obtenção de quinze produtos diferentes a partir deste resíduo em específico. Neste número não estão inclusas as possibilidades de uso interno na padaria.

O segundo objetivo era por meio de pesquisa de mercado entender a relevância da questão na cidade do Rio de Janeiro. Observando padarias artesanais houve bastante dificuldade de encontrar estimativas do excedente, mas números mencionados giraram entre 1,5% a 20%, o que mostra que o tema apresenta relevância e deve ser mais aprofundado em trabalhos científicos. Um ponto amenizador da questão é que os resíduos já são separados para uma destinação específica, no caso das padarias industriais para ração animal e no caso das artesanais para reuso interno e doação. Entretanto, percebe-se em casos de padarias artesanais a falta de otimização produtiva é grave.

O terceiro objetivo focou em verificar quais opções encontradas na revisão teriam maior potencial em serem aplicadas para absorver resíduos de panificação em grandes cidades brasileiras. A análise tecnológica e econômica das oportunidades encontradas mostrou que o ácido láctico, etanol, goma xantana, levedura e metano são produtos com potencial de serem produzidos. Assim, eles podem complementar e substituir algumas das destinações atuais para valorizar economicamente e dar uma destinação ambientalmente mais sustentável ao resíduo e excedente de panificação.

Assim, este trabalho entende que atendeu a seu objetivo principal, que foi mapear e abordar as oportunidades pesquisadas em todo o mundo na cadeia de panificação, e entender quais destas soluções podem ser aplicadas em cidades de grande porte.

### **6.1 Conclusões e sugestões para futuros estudos**

O estudo se propôs a fazer uma análise qualitativa do cenário do setor de panificação carioca e das oportunidades de valorização de resíduos na região. Para se obter resultados quantitativos deve-se fazer análises econômica, ambiental e tecnológica mais detalhistas.

Para o aspecto econômico, é necessário de fato fazer uma análise de viabilidade econômica apurada, contando com objeto de estudo bem definido, emprego de método claro e assunção de premissas. Já para o lado ambiental, uma análise de ciclo de vida seria adequada.

Ela demanda definição dos trajetos alternativos dos resíduos e dos parâmetros de impacto ambiental que serão analisados, além de tratamento cuidadoso dos dados.

Por fim, o parâmetro tecnológico necessitaria de aplicação rigorosa do método de *Technology Readiness Level* (TRL), com olhar detalhado para critérios como nível de integração, e aprofundamento maior em cada uma das soluções apresentadas. Este método estima a maturidade de uma tecnologia em sua fase de aquisição. Foi desenvolvido pela NASA na década de 1970, e seu uso foi progressivamente adotado por outras instituições e países nos anos seguintes.

Paralelamente, outro ponto não abordado neste trabalho é uma tipificação do resíduo de panificação. Existe um grande número de pães diferentes, entre eles os pães congelados, e é razoável supor que nem todo tipo de pão sirva para cada aplicação. Assim, entender as diferenças dos pães e analisar a viabilidade de seu uso para determinada aplicação é etapa prévia para comercialização da tecnologia.

Por outro lado, nota-se que o setor de panificados é extremamente diverso e regionalizado na metrópole, já que a produção é pulverizada por diversas padarias artesanais de bairro. Esta monografia fez um esforço de obtenção de dados gerais do município do Rio de Janeiro, só que neste esforço se perderam particularidades de regiões da cidade que variam muito pelo perfil socioeconômico de cada uma delas. Assim, sugere-se que um estudo também faça uma pesquisa de mercado para elaboração de uma abordagem regionalizada do perfil de padarias do município.

Quanto ao estudo do tamanho do desperdício de pães na sua cadeia produtiva, um importante estudo seria a análise do comportamento do consumidor final em relação ao consumo de pães, produção e destinação dos seus resíduos, algo que não foi abrangido por esta monografia. Especula-se que este ator não separa o pão do lixo orgânico e que gera quantidade significativa de desperdício em comparação com a produção e venda, por isto deve ser mais aprofundado.

Para uma melhor identificação da produção científica e de artigos brasileiros sobre o assunto internacionalmente, sugere-se que os trabalhos sejam publicados não somente internamente, mas também em inglês em plataformas internacionais como o *Science Direct*.

## **6.2 Considerações finais**

No início de estudo, havia um grande temor de que os resíduos de panificação não fossem reaproveitados economicamente e, assim, não fosse promovida uma bioeconomia circular,

como ocorre com outros resíduos. Por isso, foram feitas as consultas a padarias. A impressão final deixada pelo estudo é bem positiva no aspecto socioambiental. Com base nas entrevistas feitas, independente do porte da padaria (padarias informais não foram pesquisadas), existe uma preocupação em não jogar os pães no lixo comum, seja pelo reaproveitamento dentro da padaria, utilização em ração animal ou doação a necessitados. Desta forma, este desafio seria bem menos grave e relevante do que o esperado.

Ainda assim, existem outras oportunidades de melhoria na produção e destinação de resíduos do setor de panificação. Em primeiro lugar, o valor de desperdício de panificados ainda é relevante, e estudos ainda podem endereçar a redução deste valor, em especial em pontos ligados a estimativa de demanda para produção e melhoria no sistema do retorno de mercadorias. Em segundo lugar, novas tecnologias de reaproveitamento econômico do resíduo do pão vêm sendo desenvolvidas e possivelmente elas podem ser mais vantajosas que as alternativas tradicionais aplicadas atualmente.

Por fim, uma importante parte da cadeia do pão não foi abordada pela dificuldade de se obter dados confiáveis. Esta é o consumo, que tende a adotar muito menos práticas racionais que as empresas e não tende a fazer separação do lixo orgânico e seus tipos. Por esta premissa, supõe-se que o consumidor pode ser o ator que gere maior preocupação no que tange à produção e destinação de resíduos de pão.

## Referências Bibliográficas

- ABIP, ITPC. **Indicadores da panificação e confeitaria 2018**. 2019.
- ABRAS. **19ª Avaliação de Perdas no Varejo Brasileiro de Supermercados**. 2019.
- ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2018/2019**. 2019.
- Adessi, A., Venturi, M., Candelieri, F., Galli, V., Granchi, L., & Philippis, R. De. **Bread wastes to energy: Sequential lactic and photo-fermentation for hydrogen production**. *International Journal of Hydrogen Energy*, 4–11. 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2018.04.053>>
- Agrobiologia, Embrapa. Comunicado técnico nº 50. p. 1–10. 2001
- Alfaia, R. G. de S. M., Costa, A. M., & Campos, J. C. **Municipal solid waste in Brazil: A review**. *Waste Management and Research*, 35(12), 1195–1209. 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1177/0734242X17735375>>
- Axel, C., Zannini, E., & Arendt, E. K. **Mould spoilage of bread and its biopreservation: A review of current strategies for bread shelf life extension**, 8398(March). 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/10408398.2016.1147417>>
- Benabda, O., Kasmi, M., Kachouri, F., & Hamdi, M. **Valorization of the powdered bread waste hydrolysate as growth medium for baker yeast**. *Food and Bioproducts Processing*. 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.fbp.2018.02.007>>
- Braschkat, J., Patyk, A., Quirin, M., & Reinhardt, G. A. **Life cycle assessment of bread production - a comparison of eight different scenarios**. 2004.
- Buekens, A. **Waste incineration**. *SpringerBriefs in Applied Sciences and Technology*, (9781461457510), 5–26. 2013. Disponível em: <[https://doi.org/10.1007/978-1-4614-5752-7\\_3](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-5752-7_3)>
- Cao, L., Yu, I. K. M., Tsang, D. C. W., Zhang, S., Ok, Y. S., Kwon, E. E., ... Poon, C. S. **Phosphoric acid-activated wood biochar for catalytic conversion of starch-rich food waste into glucose and 5-hydroxymethylfurfural**. *Bioresource Technology*, 267, 242–248. 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2018.07.048>>
- Cao, L., Yu, I. K. M., Chen, S. S., Tsang, D. C. W., & Wang, L. **Production of 5-hydroxymethylfurfural from starch-rich food waste catalyzed by sulfonated biochar**. 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.12.098>>
- Chark, C., Leung, J., Siu, A., Cheung, Y., Zhang, A. Y., Fung, K., ... Lin, K. **Utilization of waste bread for fermentative succinic acid production**. *Biochemical Engineering Journal*, 65, 10–15. 2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.bej.2012.03.010>>

- Chen, H., Jiang, W., Yang, Y., Yang, Y., & Man, X. **State of the art on food waste research: a bibliometrics study from 1997 to 2014**. *Journal of Cleaner Production*. 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.11.085>>
- Chirico, V. Di. **Incineração de resíduos urbanos**. 97. 1996. Retirado de <http://www5.ensp.fiocruz.br/biblioteca/home/exibedetalhesBiblioteca.cfm?ID=17471&Tipo=B> em 16 de dezembro de 2019
- Cicatiello, C., Franco, S., Pancino, B., Blasi, E., & Falasconi, L. **Resources, Conservation & Recycling The dark side of retail food waste: Evidences from in-store data**. *Resources, Conservation & Recycling*, 125(February), 273–281. 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.06.010>>
- CNI, SESI, SENAI e IEL. **Perfil da Indústria Brasileira** Disponível em: <<http://industriabrasileira.portaldaindustria.com.br/grafico/total/producao/#!/industria-total>> acessado em 14 de outubro de 2019.
- CNI, SESI, SENAI e IEL. **Perfil da Indústria nos Estados**. Disponível em: <<http://perfildaindustria.portaldaindustria.com.br/estado/rj>> acessado em 14 de outubro de 2019.
- De, A. V., Silveira, C. H., Moura, L. De, Joice, C., Aparecida, L., Wilker, D., & Cristina, T. **Ensiling a dry bakery by-product: effect of hydration using acid whey or water associated or not at urea**, 626–641. 2016.
- Demirci, A. S., Palabıyık, I., Apaydın, D., Mirik, M., & Gümüs, T. **Xanthan gum biosynthesis using Xanthomonas isolates from waste bread: Process optimization and fermentation kinetics**, *LWT - Food Science and Technology*. 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.11.018>>
- Doi, T., Matsumoto, H., Abe, J., & Morita, S. **Feasibility study on the application of rhizosphere microflora of rice for the biohydrogen production from wasted bread**. *International Journal of Hydrogen Energy*, 34(4), 1735–1743. 2009. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2008.12.060>>
- Dreyer, H. C., Dukovska-popovska, I., Yu, Q., & Philip, C. **A ranking method for prioritising retail store food waste based on monetary and environmental impacts**. *Journal of Cleaner Production*. 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.11.012>>
- Eriksson, M., Strid, I., & Hansson, P. **Carbon footprint of food waste management options in the waste hierarchy e a Swedish case study**. *Journal of Cleaner Production*, 1–11. 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.01.026>>

Eriksson, M., Ghosh, R., Mattsson, L., & Ismatov, A. **Take-back agreements in the perspective of food waste generation at the supplier-retailer interface**. Resources, Conservation and Recycling, 122, 83–93. 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.02.006>>

FAO. **Global food losses and food waste – Extent, causes and prevention**. Rome. 2011

FAO, IFAD, UNICEF, WFP and WHO. **The State of Food Security and Nutrition in the World 2019. Safeguarding against economic slowdowns and downturns**. Rome, FAO. 2019

Ferone, M., Raganati, F., Ercole, A., Olivieri, G., Salatino, P., & Marzocchella, A. **Continuous succinic acid fermentation by Actinobacillus succinogenes in a packed-bed biofilm reactor**. Biotechnology for Biofuels, 11(1), 1–11. 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1186/s13068-018-1143-7>>

Food Ingredients Brasil. **Tecnologias para pães congelados**. Nº5. 2008

Forbes, C., Reilly, C. O., McLaughlin, L., Gilleran, G., Tuohy, M., & Colleran, E. **Application of high rate, high temperature anaerobic digestion to fungal thermozyyme hydrolysates from carbohydrate wastes**. Water Research, 43(9), 2531–2539. 2009. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.watres.2009.03.014>>

França, A. B., José, M., Morenz, F., César, F., Lopes, F., Madeiro, S., ... Elysio, C. **Bakery waste in sheep diets: intake, digestibility, nitrogen balance and ruminal parameters**. Revista Brasileira de Zootecnia, 147–153. 2012

Fung, K., Chark, C., Leung, J., Man, H., Sze, C., & Lin, K. **Economic feasibility of a pilot-scale fermentative succinic acid production from bakery wastes**. Food and Bioproducts Processing, 92(3), 282–290. 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.fbp.2013.09.001>>

Gao, A., Tian, Z., Wang, Z., Wennersten, R., & Sun, Q. **Comparison between the technologies for food waste treatment**. Energy Procedia, 105, 3915–3921. 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.03.811>>

Gélinas, P., McKinnon, C. M., & Pelletier, M. **Sourdough-type bread from waste bread crumb**. Food Microbiology, 16(1), 37–43. 1999. Disponível em: <<https://doi.org/10.1006/fmic.1998.0209>>

GLOBO. <<https://g1.globo.com/rj/rio-de-janeiro/noticia/2019/05/14/rio-obtem-licenca-e-pode-ganhar-primeira-usina-que-transforma-lixo-em-eletricidade.ghtml>> acessado em 1º de outubro de 2019.

Han, W., Liu, W., Yu, C., & Huang, J. **BioH<sub>2</sub> production from waste bread using a two-stage process of enzymatic hydrolysis and dark fermentation**. International Journal of

Hydrogen Energy, 1–6. 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2017.06.221>>

Han, W., Hu, Y. Y., Li, S. Y., Li, F. F., & Tang, J. H. **Biohydrogen production from waste bread in a continuous stirred tank reactor: a techno-economic analysis**. *Bioresource Technology*. 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2016.09.055>>

Han, W., Huang, J., Zhao, H., & Li, Y. **Bioresource Technology Continuous biohydrogen production from waste bread by anaerobic sludge**. *BIORESOURCE TECHNOLOGY*, 212, 1–5. 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2016.04.007>>

Han, W., Hu, Y., Li, S., Huang, J., Nie, Q., Zhao, H., & Tang, J. **Simultaneous dark fermentative hydrogen and ethanol production from waste bread in a mixed packed tank reactor**. *Journal of Cleaner Production*, 141, 608–611. 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.09.143>>

Haque, Md Ariful, Kachrimanidou, Vasiliki, Koutinas, Apostolis, Lin, Carol Sze Ki, **Valorization of Bakery waste for Biocolorant and Enzyme Production by *Monascus purpureus***. *Journal of Biotechnology*. 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jbiotec.2016.05.003>>

Haukohl, J., Rand, T., & Marxen, U. **Decision Makers' Guide to Municipal Solid Waste Incineration**. The World Bank, 20. 1999. Disponível em: <<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415386.010>>

Huttenhuis, P., Roeloffzen, A., & Versteeg, G. CO<sub>2</sub> capture and re-use at a waste incinerator. *Energy Procedia*, 86, 47–55. 2016 Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.egypro.2016.01.006>>

IBGE. **Panorama do Rio de Janeiro**. <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/rio-de-janeiro/panorama>> acessado em 29 de novembro de 2019.

Instituto da Cerveja. **Infográfico – Mercado Brasileiro de Cervejas Artesanais**. Disponível em: <<https://www.institutodacerveja.com.br/blog/n114/novidades/infografico-mercado-brasileiro-de-cervejarias-artesanais>> acessado em 12 de dezembro de 2019.

Kawa-Rygielska, J., Pietrzak, W., & Czubaszek, A. **Characterization of fermentation of waste wheat-rye bread mashes with the addition of complex enzymatic preparations**. *Biomass and Bioenergy*, 44, 17–22. 2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2012.04.016>>

Klitkou, A., Fevolden, A. M., & Capasso, M. **From Waste to Value**. 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.4324/9780429460289>>

- Kwan, T. H., Hu, Y., Sze, C., & Lin, K. **Bioresource Technology Valorisation of food waste via fungal hydrolysis and lactic acid fermentation with *Lactobacillus casei* Shirota.** *BIORESOURCE TECHNOLOGY*. 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2016.01.134>>
- Lam, W. C., Pleissner, D., Sze, C., & Lin, K. **Production of fungal glucoamylase for glucose production from Food Waste,** 651–661. 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/biom3030651>>
- Leblanc, D., Morin, A., Daigle, P., & Ge, P. **Production of aroma compounds by *Geotrichum candidum* on waste bread crumb,** 517–522. 1999
- Melikoglu, M., Sze, C., Lin, K., & Webb, C. **Solid state fermentation of waste bread pieces by *Aspergillus awamori*: Analysing the effects of airflow rate on enzyme production in packed bed bioreactors.** *Food and Bioproducts Processing*. 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.fbp.2015.03.011>>
- Melikoglu, M., Sze, C., Lin, K., & Webb, C. **Analysing global food waste problem: pinpointing the facts and estimating the energy content \***, 3(2), 157–164. 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.2478/s13531-012-0058-5>>
- Melikoglu, M., Sze, C., Lin, K., & Webb, C. **Kinetic studies on the multi-enzyme solution produced via solid state fermentation of waste bread by *Aspergillus awamori*.** *Biochemical Engineering Journal*, 80, 76–82. 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.bej.2013.09.016>>
- Melikoglu, M., Sze, C., Lin, K., & Webb, C. **Food and Bioproducts Processing. Stepwise optimisation of enzyme production in solid state fermentation of waste bread pieces.** *Food and Bioproducts Processing*, 91(4), 638–646. 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.fbp.2013.04.008>>
- Melikoglu, M., & Webb, C. **Use of Waste Bread to Produce Fermentation Products.** *Food Industry Wastes* (First Edition). Elsevier Inc. 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-391921-2.00004-4>>
- Moult, J. A., Allan, S. R., Hewitt, C. N., & Berners-lee, M. **Greenhouse gas emissions of food waste disposal options for UK retailers.** *Food Policy*, (November 2017), 0–1. 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2018.04.003>>
- Mylan, J., Geels, F. W., Gee, S., Mcmeekin, A., & Foster, C. **Eco-innovation and retailers in milk, beef and bread chains: enriching environmental supply chain management with insights from innovation studies.** *Journal of Cleaner Production*, 107, 20–30. 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.09.065>>

Nishio, N., & Nakashimada, Y. **Recent development of anaerobic digestion processes for energy recovery from wastes.** *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 103(2), 105–112. 2007. Disponível em: <<https://doi.org/10.1263/jbb.103.105>>

Oda, Yuji et al. Recycling of bakery wastes using an amylolytic lactic acid bacterium, 60, 101–106. 1997

Pacheco, Thályta. *Produção de Etanol: Primeira ou Segunda Geração?* 2011

Pasqualone, A. **Bread Packaging: Features and Functions. Flour and Breads and Their Fortification in Health and Disease Prevention**, 211–222. 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/b978-0-12-814639-2.00017-4>>

Pietrzak, W., & Kawa-Rygielska, J. **Simultaneous saccharification and ethanol fermentation of waste wheat – rye bread at very high solids loading: Effect of enzymatic liquefaction conditions.** *FUEL*, 147, 236–242. 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.fuel.2015.01.057>>

Pleissner, D., Yan, K., Schneider, R., Venus, J., Sze, C., & Lin, K. (2014). Fatty acid feedstock preparation and lactic acid production as integrated processes in mixed restaurant food and bakery wastes treatment. *FRIN*. 2014 Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.11.048>>

Porpino, G. **Quais os porquês do desperdício de alimentos entre consumidores? Compreendendo o comportamento do consumidor para delinear soluções.** 84–114. 2018

Ricardo, A., & Alban, A. **Estudo de Mercado, Indústria: Panificação.** 2017

Salemdeeb, R., Erasmus, K. H. J., Hyung, M., Balmford, A., & Al-tabbaa, A. **Environmental and health impacts of using food waste as animal feed: a comparative analysis of food waste management options.** *Journal of Cleaner Production*, 140, 871–880. 2017 Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.05.049>>

SEBRAE; ABIP; ITPC. **Estudo de Tendências: Perspectivas para a Panificação e Confeitaria.** 2009

SEBRAE; ABIP; ITPC. **Painel de mercado da Panificação e Confeitaria.** 2017

SESC-RS. **Informativo Mesa Brasil.** Ano VII – Nº42 – Edição bimestral – Setembro / Outubro 2010.

Sloth, J. K., Jensen, H. C., Pleissner, D., & Thomas, N. **Growth and phycocyanin synthesis in the heterotrophic microalga *Galdieria sulphuraria* on substrates made of food waste from restaurants and bakeries.** *Bioresource Technology*. 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.04.043>>

- Soccol, C. R., Costa, E. S. F. da, Letti, L. A. J., Karp, S. G., Woiciechowski, A. L., & Vandenberghe, L. P. de S. **Recent developments and innovations in solid state fermentation. *Biotechnology Research and Innovation***, 1(1), 52–71. 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.biori.2017.01.002>>
- Sustent, T. C. U. **Dia do Meio Ambiente: 4 em cada 10 brasileiros não separam o lixo, aponta pesquisa Ibope**. 2018
- Thyagarajan, T., Puri, M., Vongsvivut, J., & Barrow, C. J. **Evaluation of Bread Crumbs as a Potential Carbon Source for the Growth of Thraustochytrid Species for Oil and Omega-3 Production**, 2104–2114. 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/nu6052104>>
- Tsakona, S., Kopsahelis, N., Chatzifragkou, A., Papanikolaou, S., Kookos, I. K., & Koutinas, A. A. **Formulation of fermentation media from flour-rich waste streams for microbial lipid production by *Lipomyces starkeyi***. *Journal of Biotechnology*, 1–10. 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2014.08.011>>
- Toast Ale. Disponível em: <<https://www.toastale.com/international/#1565445021771-32b2168f-e4a8>> acessado em 12 de outubro de 2019.
- Toast Ale. **Toast Ale homebrew recipe**, 11–12. <acessado em 12 de outubro de 2019>
- Tong, H., Shen, Y., Zhang, J., Wang, C., Shu, T., & Wah, Y. **A comparative life cycle assessment on four waste-to-energy scenarios for food waste generated in eateries**. *Applied Energy*, 225(January), 1143–1157, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.05.062>>
- Yang, S. Y., Ji, K. S., Baik, Y. H., Kwak, W. S., & Mccaskey, T. A. **Lactic acid fermentation of food waste for swine feed**, 97, 1858–1864. 2006. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2005.08.020>>
- Yang, X., Zhu, M., Huang, X., Sze, C., Lin, K., Wang, J., & Li, S. **Valorisation of mixed bakery waste in non-sterilized fermentation for L -lactic acid production by an evolved *Thermoanaerobacterium***. *BIORESOURCETECHNOLOGY*, 198, 47–54. 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2015.08.108>>
- Yu, I. K. M., Tsang, D. C. W., Yip, A. C. K., Chen, S. S., & Wang, L. **Catalytic Valorization of Starch-Rich Food Waste into Hydroxymethylfurfural (HMF): Controlling Relative Kinetics for High Productivity Energy and Environmental Catalysis Group**. *Bioresource Technology*. 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.01.017>>
- Yu, I. K. M., Tsang, D. C. W., Chen, S. S., Wang, L., Hunt, A. J., Sherwood, J., ... Poon, C. S. **Polar Aprotic Solvent-Water Mixture as the Medium for Catalytic Production of**

**Hydroxymethylfurfural (HMF) from Bread Waste.** *Bioresource Technology*. 2017. Disponível em: < <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.08.170>>

Yu, I. K. M., Tsang, D. C. W., Yip, A. C. K., Chen, S. S., Sik, Y., & Sun, C. **Bioresource Technology. Valorization of food waste into hydroxymethylfurfural: Dual role of metal ions in successive conversion steps.** *Bioresource Technology*, 219, 338–347. 2016. Disponível em: < <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2016.08.002>>