



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DOS
ALIMENTOS**

JAQUELINE LEOBET

**CASCA DE BANANA (*Musa cavendishii*) COMO FONTE DE
ENERGIA E CARACTERIZAÇÃO DO RESÍDUO MINERAL
FIXO**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do Grau de Mestre em Ciência dos Alimentos.

Orientadora: Prof. Dra. Edna Regina Amante.

FLORIANÓPOLIS
2016

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária
da UFSC.

Leobet, Jaqueline

Casca de banana (*Musa cavendishii*) como fonte de energia e caracterização do resíduo mineral fixo / Jaqueline Leobet ; orientadora, Edna Regina Amante - Florianópolis, SC, 2016.

101 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós Graduação em Ciência dos Alimentos.

Inclui referências

1. Ciência dos Alimentos. 2. Casca de banana. 3. Cinzas de casca de banana. I. Amante, Edna Regina . II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós Graduação em Ciência dos Alimentos. III. Título.

JAQUELINE LEOBET

**CASCA DE BANANA (*Musa cavendishii*) COMO FONTE DE
ENERGIA E CARACTERIZAÇÃO DO RESÍDUO MINERAL
FIXO**

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de “Mestre em Ciência de Alimentos” e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos

Florianópolis, 10 de março de 2016.

Prof.^a Dr.^a Roseane Fett
Coordenadora

Banca Examinadora:

Prof.^a Dr.^a Edna Regina Amante
Orientadora
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof.^a Dr.^a Elane Schwinden Prudêncio
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dr. Dimas Agostinho Silva
Universidade Federal do Paraná

Este trabalho é dedicado aos meus amados pais.

AGRADECIMENTOS

Agradeço imensamente a todos os que, de alguma forma colaboraram para que este trabalho fosse possível.

À minha orientadora, professora Edna Regina Amante que, mesmo praticamente impossibilitada de receber mais orientados, me aceitou como sua aluna.

À Primor Doces e Caramelos, que forneceu as amostras necessárias para realização deste trabalho.

Ao programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos pela possibilidade de ingresso.

Aos técnicos do Departamento de Nutrição, em especial a Lindamir Tulio e Jair José pelo suporte nas determinações realizadas nos seus respectivos laboratórios.

As professoras do Departamento de Nutrição e ao Setor de Saúde da Universidade Federal do Paraná que permitiram o afastamento para os estudos.

Ao professor Dimas Agostinho da Silva, professor Adjunto do Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal - Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná por permitir a utilização de equipamentos do Laboratório de Biomassa além de orientações preciosas. Também ao técnico responsável pelo laboratório de Biomassa Fernando Augusto Ferraz pelo auxílio e paciência.

Aos meus pais, que sempre incentivaram e apoiaram de todas as formas possíveis os meus estudos.

À Jaqueline Gazzani, fonte de força nos momentos em que era mais fácil desistir.

"Na natureza nada se cria. Nada se
perde. Tudo se transforma"

Antoine Laurent de Lavoisier

(Paris, 26 de agosto de 1743 — Paris,
8 de maio de 1794)

LEOBET, J. **Casca de banana (*Musa cavendishii*) como fonte de energia e caracterização do resíduo mineral fixo.** 2016. 101 p. Dissertação (Mestrado Ciências dos Alimentos). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.

RESUMO

O controle do consumo de energia em processos industriais é um diferencial competitivo para as empresas. Aliada à redução do impacto ambiental das atividades agrícolas, a utilização de resíduos agroindustriais na produção de energia já é uma realidade em muitos setores. O processamento de banana gera um resíduo estimado em até 40 % do fruto. Embora apenas uma pequena quantidade – entre 2,5 e 3 % - da banana produzida no Brasil seja industrializada, esta quantidade se torna valiosa quando comparada à grande produção nacional, que chegou a 6.902.184 toneladas em 2012. O atual destino de grande parte deste resíduo é a aplicação no solo. Embora esta seja uma fonte de energia limpa, são geradas cinzas como resíduos da queima, o que justifica a realização de estudos para a sua caracterização, visando sugerir aplicações às mesmas. As determinações do PCS (Poder Calorífico Superior) das amostras apresentou resultados próximos de 4.000 Kcal kg⁻¹. Abaixo dos valores estimados pela análise imediata e acima dos valores previstos pela composição centesimal. Também foi possível identificar a necessidade de pré-secagem das cascas destinadas a queima em caldeira até pelo menos 50 %, partindo de uma percentagem média inicial 86 %. A caracterização das cinzas mostrou que não existem elementos que limitem sua aplicação na alimentação humana ou animal enquanto que o elemento presente em maior quantidade foi o potássio, que representa uma média de 336,07 g kg⁻¹ de cinzas. Estas características permitem sugerir a aplicação deste resíduo como substituto de sal (em 50 %) ou fonte de potássio para produção de bebidas isotônicas.

Palavras chave: Casca de banana. Cinzas da casca da banana. Poder calorífico de casca de banana. Caracterização de cinzas de casca de banana.

LEOBET, J. **Banana peel (*Musa cavendishii*) as an energy source and characterization of fixed mineral residue.** 2016. 101p. Dissertation (Master's in Food Science). Federal University of Santa Catarina, Florianópolis, 2016.

ABSTRACT

The control of energy consumption in industrial processes is a competitive advantage for companies. Together with the reduction of the environmental impact of agricultural activities, the use of agro-industrial waste to produce energy is already a reality in many sectors. The banana processing generates an estimated waste by up to 40 % of the fruit. Although only a small amount – between 2.5 and 3 % - of banana produced in Brazil is industrialized, this amount becomes valuable when compared to the large national production, which reached 6.902.184 tons in 2012. The present destination of most of this waste is soil application. Although this is a source of clean energy, ashes are generated as waste, which justifies the conduction of studies for its characterization, in order to suggest applications to them. The determinations of the HHV (Higher Heating Value) of the samples present results close to 4.000 kcal kg⁻¹. Below the values estimated by the proximate analyses and above the values predicted by the centesimal composition. In addition, it was also possible to identify the need for prior dehydration of the peels destined to boiler burning to at least 50%, starting from an initial percentage average of 86%. The characterization of the ashes demonstrated that there are no elements that limit their application for human or animal nutrition, while the element present in greater amounts was potassium, which represents an average of 336.07 g kg⁻¹ of the ashes. These features allows the suggestion of the application of this residue as a salt substitute (in 50 %) or as a potassium source for the production of isotonic beverages

Keywords: Banana peel. Banana peel ashes. Banana peel heating value. Characterization of banana peel ashes.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Produção de bananas - participação dos continentes.	27
Figura 2 - Distribuição mundial da cultura da banana e plátano	28
Figura 3 – Localização das seções da bananeira.....	33
Figura 4 – Classificação das bananeiras.	34
Figura 5 – Formas de conversão de biomassa à energia.....	48
Figura 6 – Fluxograma da coleta e preparo das amostras de cascas de banana.....	57
Figura 7 - Representação gráfica do poder calorífico inferior versus umidade das amostras de casca de banana.....	68
Figura 8 - Composição mineral das amostras de cascas de banana em mg kg^{-1}	74

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Produção mundial de bananas em toneladas.	28
Tabela 2 – Produção, área cultivada e produtividade de banana nas regiões do Brasil.	30
Tabela 3 – Cultivares de bananas dos principais centros produtores do Brasil.....	31
Tabela 4 – Nutrientes e micronutrientes em 100 g de banana madura..	38
Tabela 5 – Composição centesimal da casca da banana (g 100 g ⁻¹).	45
Tabela 6 – Resultado da análise imediata das amostras de cascas de banana (%).	69
Tabela 7 – Composição centesimal das amostras de cascas de banana em base seca (g em 100g) comparada com outros autores.	70
Tabela 8 – Média da composição dos elementos determinados nas cascas liofilizadas e nas cinzas das cascas e suas proporções.	72
Tabela 9 – Limites de cálcio, magnésio e sulfatos em sal para consumo humano estabelecidos pelo Decreto nº 75697, de 06 de maio de 1975 comparados com os valores médios encontrados nas três amostras pesquisadas de cinzas de cascas de banana.....	78
Tabela 10 - Sulfatos, cloretos e fosfatos das amostras 1, 2 e 3 de cinzas de casca de banana.	80
Tabela 11 – Resultados das determinações de alcalinidade das cinzas, das cinzas insolúveis e solúveis das amostras 1, 2 e 3 de casca de banana.	80

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

FAO	Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (<i>Food and Agriculture Organization</i>)
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ha	Hectare
t	Tonelada
Embrapa	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Epagri	Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina
Cal	Caloria
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
PC	Poder calorífico
PCS	Poder calorífico superior
PCI	Poder calorífico inferior
UL	Limite superior tolerável de ingestão (<i>Tolerable upper intake level</i>)
Ceagesp	Companhia de Entrepostos e Armazéns Gerais de São Paulo
FSAI	Autoridade de Segurança Alimentar da Irlanda (<i>Food Safety Authority of Ireland</i>)
BRIX	Índice de refração
SST	Sólidos Solúveis Totais
CEPPA	Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos
OMS	Organização Mundial da Saúde

JECFA	Junta de Peritos da OMS e FAO em Aditivos Alimentares (<i>Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives</i>)
IA	Ingestão adequada
RDA	Ingestão diária recomendada
ICP MS	<i>Inductively coupled plasma mass spectrometry</i> (Espectrometria de massa com plasma indutivamente acoplado)
EAR	<i>Estimated average requirement</i> (média estimada requerida)
AI	<i>Adequate intake</i> (ingestão adequada)
UL	<i>Tolerable upper intake level</i> (limite de ingestão)
WHO	<i>World Health Organization</i> (Organização Mundial de Saúde)
PTWI	<i>Provisional Tolerable Weekly Intake</i> (Dose semanal tolerável provisória)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	23
2 OBJETIVOS	25
2.1 OBJETIVO GERAL	25
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	25
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	27
3.1 ASPECTOS ECONÔMICOS DA BANANA (<i>Musa cavendishii</i>)	27
3.2 CARACTERÍSTICAS DA BANANA COMO MATÉRIA PRIMA	32
3.2.1 Cultivares	32
3.2.1.1 Características dos cultivares.....	35
3.2.2 Alterações do fruto no decorrer do amadurecimento	36
3.2.3 Composição do fruto	38
3.2.4 Manejo pré e pós-colheita	40
3.3 PROCESSAMENTO INDUSTRIAL DA BANANA	41
3.3.1 Geração de resíduos na industrialização da banana	42
3.3.2 Características dos resíduos da industrialização da banana ..	43
3.3.3 Aplicações dos resíduos da industrialização da banana	45
3.3.4 Utilização de resíduos sólidos agroindustriais na produção de energia	47
3.3.4.1 Propriedades das cinzas da combustão de resíduos sólidos agroindustriais.....	50
3.4 SAL E SÓDIO NA DIETA	51
3.4.1 Estudos de substituintes de sódio, sob o aspecto sensorial	54
4 MATERIAL E MÉTODOS	57
4.1 PROCEDÊNCIA E PREPARO DAS AMOSTRAS	57
4.1.1 Amostras de cascas de bananas	57
4.1.2 Amostras de bananas – grau de maturação	58
4.3 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DOS FRUTOS	58
4.3.1 Determinação de grau de maturação	58
4.3.1.1 Determinação do teor de sólidos solúveis.....	59
4.3.1.2 Determinação da firmeza.....	59
4.3 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DAS CASCAS	60
4.3.2 Determinação de sólidos solúveis das cascas	60
4.3.3 Determinação da composição centesimal	60
4.3.4 Determinações no resíduo mineral fixo das cascas de banana 61	
4.3.4.1 Cinzas solúveis e insolúveis em água.....	61
4.3.4.2 Alcalinidade das cinzas solúveis e insolúveis em água.....	61
4.3.4.3 Alcalinidade das cinzas.....	61
4.3.4.5 Sulfatos – método gravimétrico.....	62

4.3.4.6 Cloretos – volumetria.....	62
4.3.4.7 Fosfatos – espectrofotometria.....	63
4.3.5 Determinação de açúcares redutores das cascas de banana	63
4.3.7 Análise imediata das amostras de cascas de banana	64
4.3.6 Determinação de poder calorífico superior experimental	65
4.3.8 Determinação de minerais nas cinzas e cascas de banana	65
4.3.10 Análise Estatística.....	66
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	67
6 CONCLUSÃO	81
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	83
ANEXO I.....	101

1 INTRODUÇÃO

A demanda energética configura um dos principais desafios para todos os setores industriais. A busca por novas fontes de energia limpa, renováveis, com minimização de gases poluentes, manutenção do potencial produtivo com a preservação do meio ambiente e da saúde humana e animal, constitui um desafio para o futuro das indústrias.

O processamento de alimentos, tanto requer energia, quanto está relacionado a uma grande geração de resíduos, sólidos, líquidos e gasosos. Muitos resíduos sólidos apresentam elevado potencial energético. Alguns resíduos do passado representam, atualmente, a única fonte de energia na indústria de alimentos, sendo dois exemplos históricos, o bagaço da cana-de-açúcar e a palha de arroz.

Barros (2009) aponta a cultura da banana como fortemente dependente de fontes de energias externas, onde entre 88 e 94 % da energia utilizada é proveniente de insumos externos, revelando a importância de estudos no sentido de aproveitamento de resíduos como fontes de energia.

Outras biomassas podem seguir o mesmo caminho a partir de estudos, adequando-as para a produção de energia. A casca de banana é um importante resíduo agroindustrial, cuja principal aplicação no Brasil é como adubo orgânico. A geração de cascas e de outros resíduos fibrosos do processamento da banana representa aproximadamente 30 % da matéria prima (TOCK et al., 2010), embora alguns autores indiquem uma produção de resíduos de até 40 % (ALKARKHI; SHIN; MAT, 2011).

Devido às características climáticas, o Brasil, embora não seja um exportador significativo, é um grande produtor de banana. Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, a produção nacional de bananas no ano de 2012 foi próxima de sete milhões de toneladas (IBGE, 2012). A produção mundial é estimada em 107 milhões de toneladas, gerando, por uma relação direta, pelo menos 32 milhões de toneladas de resíduos (FAO, 2013).

Grande parte dos resíduos sólidos agroindustriais apresenta elevada umidade, sendo este um dos principais inconvenientes do seu uso diretamente nas fornalhas, visando a produção de energia. Vencer o desafio de introduzir como fonte de energia as cascas de banana requer estudos adequando-as a este fim. Adicionalmente, ao produzir energia, esta biomassa sólida produz cinzas.

Estudos têm demonstrado que o teor de cinzas nas cascas de banana em base seca pode atingir em média cerca de 10 % (PESSOA,

2009), ou 100 kg de cinza por tonelada de casca. A natureza química das cinzas de cascas de banana, diferentemente das cinzas da casca do arroz, é pouco estudada.

Enquanto a produção de cloreto de sódio está amplamente estudada, as novas tendências para a redução do consumo de sódio na dieta criam a necessidade de um substituto sensorialmente similar, bem como obtido a preços competitivos. Inexistem estudos sobre a produção de sais de potássio a partir de resíduos da queima das cascas de banana, o que pode representar uma fonte alternativa de potássio e de baixo custo, uma vez que será obtido como um subproduto da utilização das cascas como fonte energética.

Caracterizar o resíduo do processamento da banana, os processos utilizados na indústria e, principalmente, identificar os resíduos resultantes, é a chave para o desenvolvimento de tecnologias eficientes para o aproveitamento total dos resíduos gerando vantagem competitiva para as indústrias.

Portanto, este trabalho tem por objetivo, estudar a utilização das cascas de banana como fonte de energia através da sua queima e caracterizar quimicamente o resíduo mineral fixo obtido no processo.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Estudar a casca de banana como fonte de energia através de avaliação do poder calorífico superior (PCS) e caracterizar as cinzas resultantes da queima das cascas.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Determinar o poder calorífico superior experimental e teórico das amostras de cascas de banana.
- ✓ Realizar a caracterização de minerais das cascas de banana e das cinzas obtidas através combustão das cascas de banana.
- ✓ Caracterizar as cascas de banana quanto à proteínas, carboidratos, extrato etéreo, umidade, cinzas e fibras alimentares totais.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

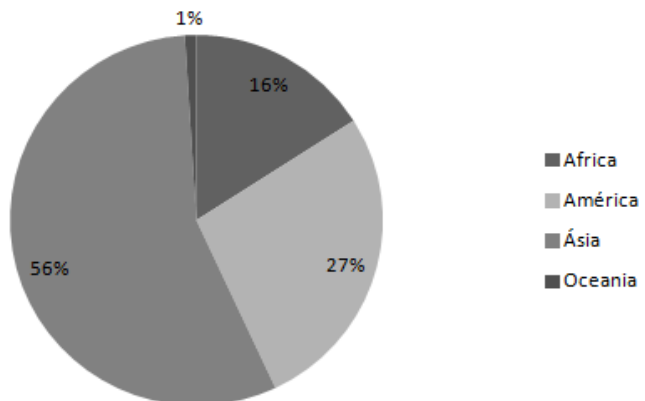
3.1 ASPECTOS ECONÔMICOS DA BANANA (*Musa cavendishii*)

Desde o surgimento dos primeiros homens nas florestas do Sudoeste Asiático, a banana, em sua forma atual já estava presente e estudos indicam que foi o primeiro fruto utilizado pelo homem como alimento (PADOVANI, 1986).

A banana tem uma grande importância comercial no mercado mundial de alimentos. É a quarta cultura mais importante na agricultura, ficando atrás apenas das culturas de arroz, trigo e milho. Entre as frutas, a banana é a segunda em produção, representando 16 % do total de frutas produzidas no mundo. Das diversas variedades de banana, a que representa maior impacto econômico é a Cavendish (FAO, 2011).

O continente asiático é atualmente o maior produtor de bananas, respondendo por 56 % da produção mundial. Somadas à produção de Ásia e Américas, estas são responsáveis por 82,6 % de toda a produção, seguidas pela África, com 15,6 %. A Figura 1 ilustra a distribuição da produção de bananas por continentes.

Figura 1- Produção de bananas - Participação dos continentes.



Fonte: Adaptado de FAO (2014).

A soma da produção de banana correspondente a Índia, China, Filipinas, Equador e Brasil representa mais da metade da produção mundial (Tabela 1).

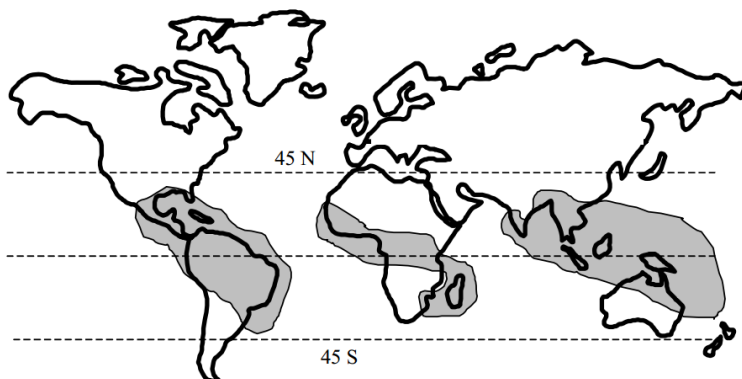
Tabela 1- Produção mundial de bananas em toneladas.

Países	Produção (t)	Produtividade (t/ha)
Índia	24.869.490	34,46
China	10.550.000	26,38
Filipinas	9.225.998	20,31
Equador	7.012.244	33,25
Brasil	6.902.184	14,35
Outros	43.432.827	16,17
Produção Mundial	101.992.743	20,59

Fonte: FAO (2014).

É possível avaliar que o Brasil, comparado aos demais produtores, apresenta uma baixa produtividade, que pode estar relacionada à falta de tecnologia no cultivo. A Índia - atualmente maior produtora - é o país com melhor desempenho em toneladas por hectare.

Figura 2 - Distribuição mundial da cultura da banana e plátano



Fonte: Adaptado de Alves (1999).

Apesar de ser o quinto maior produtor mundial, o Brasil não tem números expressivos nas exportações do fruto. No rol dos produtos

exportados pelo Brasil, a banana não aparece nos vinte primeiros (FAO, 2012). O volume de exportação de banana na América Latina é de 11.497,8 milhões de toneladas, das quais, somente 139 são provenientes do Brasil. Avaliando a produção frutícola no Brasil em relação a valores monetários, a banana representa 20,9 % enquanto que a laranja participa com 21,8 % no valor total de produção (IBGE, 2012).

Dentre os produtos da fruticultura no Brasil, a banana ocupa a segunda posição em geração de valor. No ano de 2012 foi responsável pela geração de R\$ 4.396.349.000,00, pouco atrás dos valores produzidos pela produção de laranjas no país no mesmo ano, R\$ 4.595.830.000,00 (IBGE, 2012).

A alta produção e os baixos números de exportações são reflexos de um alto consumo interno do fruto (MATTOS et al., 2010), situação já registrada desde a década de 80, quando a taxa de exportação era de 1,6 % (PADOVANI, 1986). A banana é o fruto mais consumido pelos brasileiros, que consomem 7,68 kg/pessoa/ano, superando o consumo de laranja que é de 5,44 kg/pessoa/ano (SILVEIRA et al., 2011). Existe, entretanto, uma perspectiva positiva em relação a aumentos de exportações de banana pelo Brasil, relatada na décima quinta reunião do *Intergovernmental Group on Bananas and Tropical Fruits* onde Brasil e Índia foram apresentados como promissores exportadores (FAO, 2011).

De origem asiática, a banana se adaptou muito bem ao Brasil, sendo hoje cultivada em todas as regiões do território nacional. As regiões Nordeste e Sudoeste são as que apresentam maior produção; entretanto, a região sul apresenta a maior produtividade (IBGE, 2012, Tabela 2). Ainda em relação ao rendimento obtido, o estado de Santa Catarina atingiu o rendimento de 23.337 kg de cachos por hectare, consideravelmente superior ao rendimento nacional, de 14.346 kg. Destaca-se que a agricultura familiar responde por 60 % desta produção (EMBRAPA, 2014).

Tabela 2 – Produção, área cultivada e produtividade de banana nas regiões do Brasil.

REGIÃO	ÁREA COLHIDA (ha)	QUANTIDADE (t)	PRODUTIVIDADE (kg/ha)
NORTE	70.576	829.959	11.760
NORDESTE	197.295	2.424.974	11.291
SUDESTE	139.811	2.298.477	16.440
CENTRO-OESTE	20.127	271.511	13.490
SUL	53.307	1.077.263	20.209
SANTA CATARINA	29.559	689.815	23.337
BRASIL	481.116	6.902.184	14.346

Fonte: IBGE (2012).

As diferentes características climáticas encontradas nas diversas regiões do país exigem cultivares diferentes que se adaptem às condições climáticas como umidade relativa, precipitações, altitude, temperaturas médias, pragas e doenças (RODRIGUES et al., 2013). A Tabela 3 lustra as variações de cultivares encontradas nos principais centros produtores distribuídos no país, confirmando a necessidade de cultivares específicas, que melhor se adaptem em cada região.

Tabela 3 – Cultivares de bananas dos principais centros produtores do Brasil.

Centros regionais	Cultivares
Norte de Minas Gerais	Prata Anã cultivada sob irrigação
Medio São Francisco (Áreas públicas)– Bahia	Prata Anã e Nanica
Medio São Francisco (Áreas privadas) – Bahia	Prata Anã e Nanica
Recôncavo e Sul – Bahia	Prata anã e banana da Terra
Vale do Siriji – Pernambuco	80 % Prata e 20 % Pacovan e outras
Baixo São Francisco – Pernambuco/Bahia	92 % Pacovan , 5,45 % Cavendish e 2,55 % Prata Anã
Jaguaripe/Apodi (região irrigada)– Ceará	Pacovan, Prata Anã e Grand Naine
Costa Norte e Oeste – Rio Grande do Norte	Pacovan e Maçã
Centro Produtivo Mossoró/Açú – Rio Grande do Norte	Pacovan (mercado interno) e Grand Naine (exportação)
Costa Sul – São Paulo	60 % Cavendish (Nanicão, Grand Naine e Williams) e 40 % Prata Anã e FHIA-18
Costa Norte – Santa Catarina	90 % Cavendish (Nanicão, Grand Naine) e 10 % Prata (Prata Anã e Branca)
Vale do Itajaí – Santa Catarina	Maior parte Cavendish (Nanicão, Grande Naine) e Prata Anã
Costa Sul de Santa Catarina e Norte do Rio Grande do Sul	90 % Prata Anã e 10 % outras (Nanicão e Branca)

Fonte: Rodrigues et al. (2013).

Temperaturas mais elevadas, em torno de 25 °C, são ideais para o cultivo da banana; entretanto, variedades como *Musa Cavendishii* e *Musa sapientum* se adaptam a temperaturas mais baixas, inclusive próximas de 5 °C (desde que por um período não muito prolongado), temperaturas baixas podem impactar negativamente na produtividade dos cultivares. As características destas variedades explicam a sua predominância nas propriedades do Estado de Santa Catarina (outros cultivares são encontrados, no entanto, sem grande impacto econômico) (PADOVANI, 1986).

Para a obtenção do rendimento máximo, as temperaturas devem ser de 26 °C, sendo que as temperaturas médias de 35 °C e 15 °C representam os limites, máximo e mínimo, respectivamente, para que seja evitada a desidratação dos tecidos e a diminuição de atividades metabólicas. Temperaturas de 0 °C, comuns em geadas são devastadoras tanto para a safra corrente quanto para a seguinte (ALVES, 1999).

Embora a banana esteja distribuída por praticamente todo o país com diferentes cultivares que se adaptam à diferentes características, todos os cultivares têm em comum a necessidade de água e condições adequadas de solo. Isto porque as raízes são muito curtas, não passando dos 40 cm de profundidade, exigindo umidade e nutrientes próximos à superfície do solo (PADOVANI, 1986).

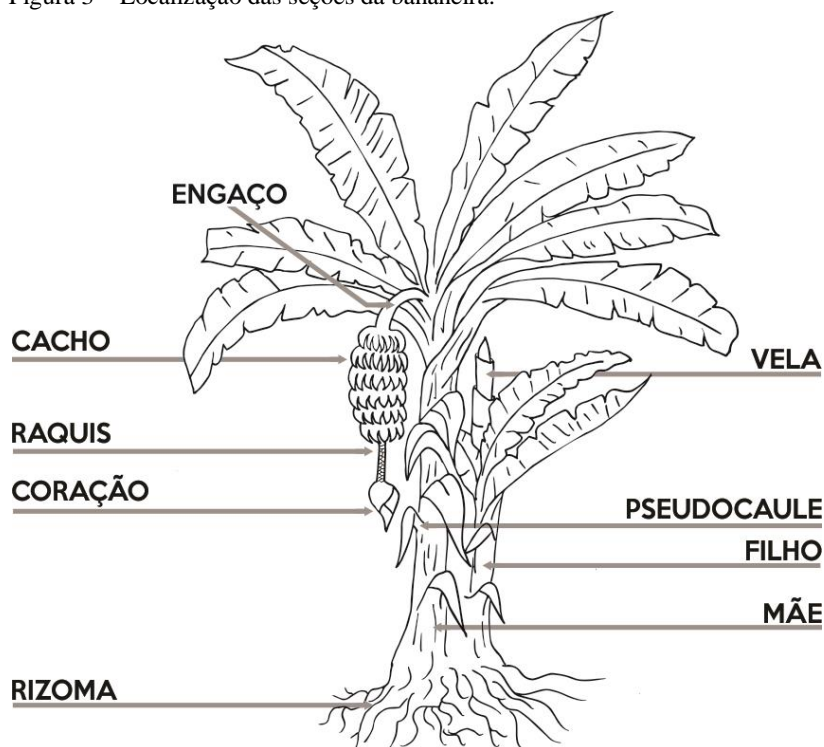
3.2 CARACTERÍSTICAS DA BANANA COMO MATÉRIA PRIMA

3.2.1 Cultivares

A banana é classificada com pertencente ao gênero *Musa* da classe das monocotiledôneas. O termo *Musa* foi criado pelo botânico Carl Von Linné em uma suposta homenagem ao médico do imperador Romano Augusto – Antonio Musa. O gênero *Musa* pertence à família *Musaceae* e, morfológicamente, a banana é considerada uma erva gigante monocotiledônea, não possuindo caule superior (a parte externa é um amontoado de folhas justapostas), sendo seu caule subterrâneo – rizoma – a parte vital da bananeira. É neste rizoma que ocorre a formação de folhas, raízes e inflorescências e também é onde se encontra o sistema de reprodução vegetativa (a banana não apresenta sementes férteis nem métodos de reprodução sexuais) (PADOVANI, 1986) estas seções da bananeira podem ser observadas na Figura 3.

Após a formação no rizoma das inflorescências, estas percorrem o pseudocaulo até a parte superior onde, após a floração, darão origem ao cacho (PADOVANI, 1986).

Figura 3 – Localização das seções da bananeira.



Fonte: Adaptado de Alves (1999).

O sistema radicular da planta se desenvolve a partir do rizoma (Figura 3) de onde também se desenvolvem as radicelas (raízes finas localizadas na parte externa da planta logo acima do rizoma). As raízes da planta são frágeis e pequenas (entre 5 e 10 mm de espessura e até 20 cm (profundidade) e 1,5 m (lateralmente)). O rizoma é definido morfológicamente como o caule de onde se desenvolvem as folhas e inflorescências, além das raízes (ALVES, 1999).

O fruto da bananeira é proveniente da inflorescência, que emerge do centro das bainhas foliares protegida por uma bráctea (na Figura 3, o coração). Cada bráctea apresenta uma massa axilar (futura penca, Figura 3) onde se diferenciam as flores em fileiras paralelas que irão formar o fruto (ALVES, 1999).

Popularmente, as bananas comestíveis são conhecidas como banana prata, banana branca, banana nanica, banana-maçã, banana-

d'água ou caturra e a banana-da-terra, todas híbridos do gênero *Musa*, da família Musaceae (PEREIRA, 2010).

Em relação à classificação, a Figura 4 localiza a série ou seção (Eu-) *Musa*, de onde derivam todas as espécies de bananas comestíveis.

Figura 4 – Classificação das bananeiras.



Fonte: Adaptado de Alves (1999).

Pertencentes à seção (Eu-) *Musa* estão as variedades *M. flaviflora* Simmonds, *M. ochracea* Sheperd, *M. schizocarpa* Simmonds, *M. balabanesis* Meijer e finalmente a *M. Accuminata* Colla e *M. balbisiana* Colla (ALVES, 1999).

As bananas comestíveis são provenientes das espécies *Musa accuminata* (genoma A) ou da hibridização entre *Musa accuminata* e a *Musa balbisiana* (genoma B). Estas espécies podem ser diploides como (AA, AB e BB), triploides (AAA, AAB, ABB e BBB) e tetraploides (AAAA, AAAB, ABBB e AABB) (MOHAPATRA; MISHRA; SUTAR, 2010)

As variedades do tipo AA e AAA são mais doces, incluindo a Cavendish (Nanica, Nanicão, Grand Naine e Caipira – grupo genômico AAA) e Ouro (grupo genômico AA) enquanto as variedades do tipo AAB, são mais ácidas, como a Maçã (Maçã, Mysore, Thap Maeo e Figo) e Prata (Prata, Prata Anã, Pacovan e Branca). Além destas,

existem também bananas do tipo AAB que são consumidas tipicamente após cozimento por apresentarem maior teor de amido (PEREIRA, 2010).

Emaga et al. (2007) e Zhang et al. (2005) avaliam que as espécies triploides de *Musa Accuminata* (AAA) representam a quase totalidade das bananas comercializadas mundialmente, corroborando com as informações apresentadas por Aurore, Parfait e Fährasmane. (2009).

3.2.1.1 Características dos cultivares

Os cultivares Prata, Prata Anã e Pacovan correspondem a aproximadamente 60 % da área cultivada e juntamente com Maçã, Mysore, Terra e D'Angola representam os cultivares que atendem exclusivamente o mercado interno enquanto Nanica, Nanicão e Grande Naine têm como destino o mercado externo (MERCALI, 2009).

No Brasil, os critérios para classificação de bananas estão sendo normatizados pela implementação do Programa Brasileiro para Modernização da Agricultura, em implantação pela Ceagesp - Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo. Neste sentido, são classificadas as marcas comerciais como sendo: Grupo Cavendish – variedades Nanica, Nanicão e Grand Naine. Grupo Prata – variedades Prata, Prata Anã e Pioneira. Grupo Maçã – Variedades Maçã, Enxerto, Caipira e Mysore (TRINDADE et al., 2004).

Já é bastante conhecido o grande número de variedades de banana produzidas no mundo, resultando em frutos com características distintas. São estimadas até 80 diferentes espécies do gênero *Musa*, segundo a taxonomia (TOCK et al., 2010), embora autores apresentem até 180 diferentes variedades e destas, 35 diferentes produzem frutos no Brasil (PADOVANI, 1986).

Por sua relevância comercial já relatada anteriormente (PADOVANI, 1986; AURORE; PARFAIT; FAHRASMANE, 2009; MOHAPATRA; MISHRA; SUTAR, 2010), bem como pela relevante área cultivada no Estado de Santa Catarina (RODRIGUES et al., 2013) as características apresentadas nesta revisão dizem respeito às variedades Cavendish.

Segundo Alkarkhi, Shin e Mat (2011), a média do comprimento e diâmetro da banana Cavendish é de 18,0 e 6,0 cm, respectivamente, com uma média de 174 g por fruto.

3.2.2 Alterações do fruto no decorrer do amadurecimento

O fruto da banana apresenta um aroma característico, sabor e textura muito agradável, razão para o grande consumo *in natura*. Os estágios de maturação podem ser divididos em sete (TRINDADE et al., 2004; EMAGA et al., 2007; MATTOS et al., 2010; WANG et al., 2014) ou nove (ZHANG et al., 2005), dependendo da referência. Embora as duas definições sejam utilizadas, a definição que apresenta sete estágios de maturação é a mais relatada na literatura.

Quando em adequado grau de maturação, a casca da banana apresenta uma proteção ideal, garantindo a segurança, conservação e proteção do fruto contra agentes externos (AURORE; PARFAIT; FAHRASMANE, 2009)

A banana é fruto climatérico, desenvolvido por partenocarpia e utiliza como principal fonte de carbono o amido, que durante o climatérico é reduzido para teores inferiores a 5 % (ROSECLER et al., 2004)

No decorrer do amadurecimento ocorre a hidrólise do amido, que é convertido a açúcares solúveis, o que caracteriza o gosto adocicado, redução da adstringência e amaciamento da casca e polpa. Com o progresso do amadurecimento também ocorre um aumento dos ácidos orgânicos – o principal deles, o ácido málico – e liberação de diferentes compostos voláteis, como ésteres que conferem o aroma característico do fruto. É também neste momento que ocorre gradativamente a degradação da clorofila, responsável pela coloração verde e a síntese de compostos carotenóides de coloração amarela e antocianinas (CHITARRA; CHITARRA, 1990; MERCALI, 2009; MOHAPATRA; MISHRA; SUTAR, . 2010).

Os pontos marrons encontrados no estágio final de amadurecimento estão relacionados com ação de polifenoloxidases, monofenolmonoxigenases e o-difenoloxidases sobre a dopamina produzindo taninos nas cascas (MOHAPATRA; MISHRA; SUTAR., 2010).

Assim como ocorre com o amido, os compostos fenólicos, responsáveis pela adstringência das bananas verdes, diminuem no decorrer do amadurecimento (AURORE; PARFAIT; FAHRASMANE, 2009).

A queda na concentração de amido durante os estágios de maturação e o aumento da concentração de sacarose e de açúcares

redutores são inversamente relacionados, sendo o amido convertido a açúcares durante o amadurecimento (ZHANG et al., 2005).

Além do amido, lipídeos, proteínas, ácidos orgânicos, vitaminas e componentes da parede celular, como hemicelulose e pectina, são alterados durante o processo respiratório e amadurecimento. Alguns fatores afetam a taxa de respiração dos frutos durante o amadurecimento. A temperatura é um fator muito importante, além da concentração de gases e o climatério respiratório. Estes fatores têm impactos diferentes em frutos (CHITARRA; CHITARRA, 1990). O estresse e danos físicos aumentam a taxa de respiração e diminuem a vida útil do fruto (DAMODARAN; PARKING; FENNEMA, 2010).

Para bananas, a temperatura ideal de conservação está entre 10 e 12 °C, sendo as mais eficientes para redução da taxa de respiração e amadurecimento (MARTINS; DIAS; VILAS BOAS; SANTOS, 2007). Já o dano pelo frio começa a ser evidenciado em temperaturas abaixo de 11 °C, sendo desta forma a temperatura de 12 °C a mais indicada (PINHEIRO, 2009; CERQUEIRA, 2012).

As concentrações de gases O₂ e CO₂ também podem afetar a taxa de respiração dos frutos, em geral o aumento da concentração de CO₂ e diminuição na concentração do O₂ diminuem a taxa respiratória (CHITARRA; CHITARRA, 1990).

O amadurecimento do fruto também está ligado à ação de reguladores de amadurecimento. O etileno, ácido abscísico, auxinas (IAA), citocininas e giberilinas atuam diretamente no processo de amadurecimento. As auxinas e citocininas e giberilinas atuam como inibidoras do amadurecimento e senescência enquanto o etileno e o ácido abscísico são aceleradores do amadurecimento e senescência (CHITARRA; CHITARRA, 1990; DAMODARAN et al., 2010). Outro retardador da senescência é o ácido giberélico, hormônio vegetal que, quando aplicado ao fruto exogenamente atua como retardador da atividade enzimática nas enzimas de parede celular e também diminui a síntese de carotenoides e degradação da clorofila (FERRI et al., 2004; ROSECLER et al., 2004).

Em situações onde se deseja promover o amadurecimento a temperatura de estocagem deve aumentar para valores na faixa de 13,9 e 23,9 °C com aplicação de etileno a 0,1 % (CORDEIRO, 2003).

3.2.3 Composição do fruto

É bastante conhecido o alto valor nutricional da banana, com conteúdo considerável de carboidratos, fibras, e minerais além da baixa concentração de lipídeos (VILELA et al., 2014). A Tabela 4 ilustra o teor destes nutrientes presentes em 100 g de bananas maduras, com destaque para carboidratos e potássio. Com 21,8 g de carboidratos é de longe uma fonte melhor de energia do que outras frutas bastante consumidas como laranja (8,8 g) e maçã (12 g). O potássio (385,5 mg) importante principalmente para atletas por prevenir a contração muscular, é mais do que o dobro do encontrado em laranjas (179 mg) e mais de três vezes maior do que a concentração de potássio em maçã que contém 120 mg (AURORE; PARFAIT; FAHRASMANE, 2009).

Além do valor nutritivo, a composição da banana também confere ao fruto uma alta digestibilidade, com tempo de digestão inferior a 105 minutos, muito baixo comparado com o da maçã, próximo de 210 minutos (MOHAPATRA; MISHRA; SUTAR, 2010).

Mesmo em concentrações relativamente baixas, as proteínas e lipídeos presentes na banana são consideradas de excelente qualidade (PADOVANI, 1986).

Tabela 4 – Nutrientes e micronutrientes em 100g de banana madura.

COMPONENTE	Em 100g de banana
ENERGIA (cal)	89
UMIDADE (g)	74
PROTEINAS (g)	1,1
LIPIDEOS (g)	0,3
CARBOIDRATOS (g)	21,8
FIBRAS (g)	2
Na (mg)	1
K (mg)	385,5
Ca (mg)	8
Mg (mg)	30
P (mg)	22
Fe (mg)	0,42
Cu (mg)	0,11
Zn (mg)	0,18
Mn (mg)	0,2

Fonte: Adaptado de Aurore, Parfait e Fahrasmane, (2009).

O conteúdo mineral em bananas pode ser apresentado em termos médios. Porém, deve se considerar que a concentração de minerais

encontrados em amostras de banana pode variar drasticamente entre bananas cultivadas em solos diferentes (OMERO, 2002).

Além da importante composição de minerais, o fruto apresenta alto teor de vitaminas e antioxidantes como vitamina C, vitamina E, vitamina A, vitamina B1, vitamina B2 e β -caroteno e flavonoides (MERCALI, 2009), indicando que pode ser considerado uma fonte de antioxidantes naturais (MOHAPATRA; MISHRA; SUTAR, 2010).

É constatada também a presença de vitamina B5 ($280 \mu\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$), vitamina B6 ($470 \mu\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$) e ácido fólico ($23 \mu\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$) dentre outras, bem como aminoácidos, incluindo os aminoácidos essenciais (treonina, leucina, metionina, valina, fenilalanina, isoleucina, triptofano e lisina, destacados) de grande importância nutricional, além de fitohormônios (AURORE; PARFAIT; FAHRASMANE, 2009). No fruto, estes antioxidantes têm a função de proteção contra doenças (SOMEYA; YOSHIKI; OKUBO, 2002). Bananas também são fontes de fitoquímicos, incluindo os ácidos graxos insaturados e os esteróis (KNAPP; NICHOLAS, 1969; VILELA et al., 2014).

A dopamina presente na polpa da banana é um neurotransmissor e pesquisas já demonstraram seu efeito protetivo à mucosa intestinal, além de ser o precursor da neuroepinefrina e epinefrina. Em relação às vitaminas, existem evidências de que a Vitamina B6 (piridoxina) também encontrada em quantidades consideráveis na banana demonstra proteção ao câncer (AURORE; PARFAIT; FAHRASMANE, 2009). Os flavonoides com seus reconhecidos fatores de proteção, também estão presentes na banana (SOMEYA et al., 2002).

Em relação ao aroma característico da banana, este está relacionado aos muitos compostos voláteis presentes como ésteres e alcoóis (AURORE; PARFAIT; FAHRASMANE, 2009).

A concentração de 3 metil-butil-butanoato no fruto é de 15, 8 a 20,5 mg kg^{-1} em matéria úmida. Este é o éster predominante no fruto e o maior responsável pelo aroma. Este aroma é também sintetizado na indústria por ser característico de abacaxi e banana (COSTA et al., 2004).

O octil acetato, é o componente minoritário encontrado em concentrações de 1,6 a 3,2 mg kg^{-1} no fruto maduro. O acetato de etila é largamente empregado em essências artificiais de frutas e como realçador de aromas (GARRETT, 2014).

O etanol é o álcool majoritário na banana amadurecida. Os ácidos carboxílicos estão associados ao aroma de amadurecimento e o (E)-2-hexenal contribui para o aroma herbal do fruto maduro. Fenilpropanois (eugenol, metil eugenol e elimicin) são os responsáveis

pelo aroma floral. Encontrados na banana em concentração abaixo de 1 mg kg⁻¹ em base úmida. Além dos compostos com maior influência no desenvolvimento do aroma de bananas maduras, existem muitos outros compostos voláteis encontrados na fruta. Estes se desenvolvem no amadurecimento (EL HADI et al. , 2013).

3.2.4 Manejo pré e pós-colheita

O cultivo comercial de bananas destinadas a mercados exigentes seja interno ou externo, requer cuidados no manejo pré e pós-colheita, bem como durante todas as etapas de cultivo (MANICA, 1994).

Antes da colheita dos frutos é necessária a determinação do seu grau de amadurecimento. A colheita depende deste fator, entretanto ele pode diferir dependendo da característica climática, destino do fruto (tempo de transporte), consumidor, estação do ano, normas do mercado comprador e tipo de embalagem. Frutos que serão transportados por períodos maiores são colhidos em estágios de maturação menos desenvolvidos, já os frutos que se destinam ao mercado local podem ser colhidos em estágios de maturação mais avançados. Neste caso, o cuidado com a maturação é crucial, pois as bananas colhidas ainda verdes, bem desenvolvidas, apresentam características sensoriais mais agradáveis, além de não apresentarem rompimento da casca no final do amadurecimento (MANICA, 1994).

Existem vários métodos para determinar o ponto de colheita dos frutos. Pode se avaliar emissão da inflorescência. Para determinar o ponto de colheita através deste método, o produtor deve manter um registro do dia da emissão e realizar a colheita entre 70 a 90 dias após a mesma. Também pode ser determinado o grau de desenvolvimento dos frutos, neste caso necessitando de um trabalhador com muita experiência. Pode-se ainda utilizar um penetrômetro, que consiste de uma ponteira de metal onde é possível verificar a resistência do fruto a penetração. Embora seja eficiente, não é o método mais utilizado (MANICA, 1994; ALVES, 1999).

Buscando reduzir os inconvenientes dos métodos, foi desenvolvido o método da medida do diâmetro da fruta, visando aproveitar a fruta ao máximo e evitar prejuízos desnecessários. Assim, a partir de 1956, este é aplicado nas várias regiões produtoras e adotado pelos países compradores como ferramenta para padronização (TRINDADE et al., 2004).

A banana é considerada como fruto muito perecível, visto que apresenta alta taxa respiratória. Assim, a partir do momento da colheita, os frutos devem permanecer refrigerados (ALVES, 1999).

Com o objetivo de retardar o processo de amadurecimento, aconselha-se que, além da temperatura, seja aplicada a atmosfera modificada com concentrações de 7 a 10 % de CO₂ e 1,5 a 2,5 % de O₂ (CORDEIRO, 2003).

3.3 PROCESSAMENTO INDUSTRIAL DA BANANA

A banana trás inúmeras possibilidades de industrialização, resultando em um grande espectro de produtos. Além disso, existem cultivares com características distintas que favorecem diferentes processos industriais, ainda que diferentes cultivares possam ser utilizadas em um mesmo processo (JAIGOBIND; AMARAL; JAISINGH, 2007).

As características de sabor da banana *in natura* e sua praticidade resultam em um alto consumo do fruto fresco (TCHEWONPI et al., 2014), sendo que, no Brasil, entre 2,5 a 3,0 % da produção são industrializados. Levando em consideração o grande volume de produção, mesmo esta percentagem representa um grande volume de produto processado. Destes produtos processados, 33 % são absorvidos pelo mercado interno e o restante exportado.

O principal produto obtido da banana no Brasil é o purê, correspondendo a 55 % do total de produtos industrializados, sendo exportados para o Japão, Estados Unidos e vários países da Europa. Os demais produtos mais comumente processados são a bananada (20 %), banana-passa (13 %), flocos (10 %) e chips (2 %). Muitos outros produtos são obtidos através da banana em menores quantidades, como fruta em calda, fruta cristalizada, bala, farinha, suco clarificado simples ou concentrado, néctar, vinho, vinagre, cerveja, aguardente e licor (FOLEGATTI; MATSUURA, 2014). Poucos destes derivados são encontrados em grandes mercados, diferentemente de produtos obtidos a partir de laranja ou maçã, visto que seu processamento é predominantemente caseiro (AURORE; PARFAIT; FAHRASMANE, 2009).

Outra forma de processamento é a obtenção de farinha de banana verde, que pode ser utilizada como ingrediente funcional devido à presença de amido resistente (VIEIRA et al., 2013). A farinha de banana

verde vem sendo pesquisada como ingrediente para substituição parcial de amido de mandioca (WANG; ZHANG; MUJUMDAR, 2012).

Os destinos encontrados para o processamento da banana são similares ao redor do mundo (TSEN; KING, 2002; WANG et al., 2007; TCHEWONPI et al., 2014), onde a maior parte da banana processada é ainda utilizada para obtenção de purê (TSEN; KING, 2002). As características nutricionais da banana (alto teor de potássio, açúcares e vitaminas) permitem o desenvolvimento de alimentos infantis de grande qualidade nutricional (MOHAPATRA; MISHRA; SUTAR., 2010).

Alguns cultivares de banana, majoritariamente provenientes do genótipo *M. balbisiana* (AAB), apresentam um alto teor de amido e menor conversão de amido em açúcares durante o amadurecimento (MOHAPATRA; MISHRA; SUTAR, 2010). O destino destes frutos era usualmente o consumo após algum tipo de cozimento, entretanto, estes frutos quando não amadurecidos são fonte de amido resistente, não digerido pelo organismo, e por esta razão, matéria prima para produção de alimentos funcionais como bolachas e chips (ZHANG et al., 2005; MOHAPATRA; MISHRA; SUTAR, 2010; WANG et al., 2014).

2.3.1 Geração de resíduos na industrialização da banana

Como resultado do desenvolvimento de processos para industrialização da banana espera-se um aumento na geração de resíduos. Este resíduo tem sido subutilizado, principalmente considerando diversas possibilidades de aproveitamento devido às suas características físico-químicas (ALKARKHI et al., 2011).

A literatura apresenta valores de geração de resíduos entre 30 e 40 % do peso total da matéria prima (WATHELET, 2007; PAQUOT, 2014; TOCK et al., 2010; ALKARKHI; SHIN; MAT, 2011; EMAGA; AGNEESENS; VAN DYK et al., 2013). Considerando que a banana é um dos frutos mais consumidos no Brasil e no mundo (FAO, 2011; IBGE, 2012) uma quantidade de resíduo considerável é proveniente do seu consumo.

O aproveitamento do resíduo do consumo da banana pode ser dificultado pelo fato de não ser concentrado em locais determinados (como é o caso dos resíduos industriais) visto que a maioria absoluta do fruto é consumida *in natura* (SILVEIRA et al., 2011) e seu resíduo descartado nas lixeiras domésticas.

Ainda assim, a industrialização representa entre 2,5 e 3 % da produção nacional (FOLEGATTI; MATSUURA, 2014), uma

quantidade considerável, principalmente pelo grande volume de produção, que, segundo o IBGE (2012) foi de 6.902.184 toneladas no ano de 2012. Seguindo esta relação, estimando que pelo menos 30 % do peso bruto da matéria prima seja convertido em resíduos, anualmente são produzidos cerca de 52.000 toneladas de resíduos na industrialização da banana. Esta quantidade de resíduo é suficiente para que sejam desenvolvidas diversas aplicações também por questões ambientais, mas atualmente existem poucas pesquisas relacionando a sua utilização (PAQUOT, 2014).

Como a maior parte das bananas processadas é destinada a produção de purê (FOLEGATTI; MATSUURA, 2014), este deve ser produzido com as bananas no estágio de maturação 5, quando a maioria do amido já foi convertido em açúcares. Esta conversão do amido na polpa também altera a composição da casca. A quebra do amido pela respiração promove a migração da água da casca para a polpa, reduzindo os teores de umidade na casca do fruto amadurecido (ALVES, 1999; MOHAPATRA; MISHRA; SUTAR., 2010).

Os produtos industrializados de banana, em sua grande maioria, utilizam somente a polpa. Desta forma, as cascas e sementes (no caso de purê de banana despolpada) (MANICA, 1994; ALVES, 1999) são os resíduos sólidos do processo.

Para a indústria, o rendimento é um fator muito importante, impactando nos custos do produto final e na geração de resíduos (CESAR; URBANO; CARDOSO, 2004).

No caso da banana, o rendimento médio relatado por Cesar, Urbano e Cardoso (2004) é de 69,83 %, sendo o peso médio do dedo (fruto fora do cacho) de 131,67 g e o peso médio do dedo descascado de 91,90 g (relativo a cultivar Nanica).

3.3.2 Características dos resíduos da industrialização da banana

O produto mais largamente processado a partir da banana é o purê, e neste processo os resíduos sólidos gerados são as cascas de bananas maduras.

O néctar, o suco clarificado e os flocos são produtos obtidos a partir do purê de bananas (MANICA, 1994; ALVES, 1999), orgânica ou não, porém, o purê utilizado como matéria prima para elaboração de “*baby food*” é proveniente de bananas orgânicas, ou seja, sem utilização de agroquímicos durante o cultivo, desta forma, as cascas de banana residuais podem, em algumas situações, conter agroquímicos.

A aplicação de agroquímicos na produção de bananas é normatizada pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA, através da Coordenação-Geral de Agrotóxicos e Afins que disponibiliza a consulta no endereço eletrônico <http://www.agricultura.gov.br/>. Mais de uma centena de agroquímicos são licenciados pelo MAPA para aplicação em plantações de banana. No Estado de Santa Catarina a Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI), recomenda o uso de agroquímicos na produção de bananas através do documento “Recomendações técnicas para o cultivo em Santa Catarina” que utiliza como base a preconização do MAPA para o uso de agroquímicos (NEGREIROS et al., 2012).

Com o objetivo de verificar o cumprimento das normatizações referentes ao uso de agroquímicos, o Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos, iniciado em 2001 pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) realiza continuamente a análise dos níveis de resíduos de agrotóxicos nos alimentos *in natura*. São monitoradas 20 culturas, inclusive a banana. Os resultados apresentam um baixo número de amostras em desacordo, ou seja, amostras que apresentaram ingredientes ativos de agrotóxicos acima do Limite Máximo de Resíduos permitido ou, resíduos de Ingredientes Ativos não autorizados, para uma determinada cultura (BRASIL, 2009). Desta forma, os agroquímicos que podem ser encontrados nas cascas da banana são os normatizados pelo MAPA.

Embora a produção orgânica demande um cuidado mais rígido, o valor agregado do produto final é normalmente maior. Bittencourt, Queiroz e Nebra (2004) realizaram um estudo comparativo entre o custo de produção de banana-passa orgânica e convencional, concluindo que o sistema de produção orgânico gerou melhores resultados econômicos do que o convencional. Em relação à produtividade da cultura, Ribeiro et al. (2013) encontraram resultados semelhantes entre o cultivo orgânico e convencional.

Em relação à composição química da casca da banana, o maior resíduo sólido do processamento industrial da banana, a Tabela 5 ilustra a composição centesimal de acordo com estudos de Emaga et al. (2007), Mohapatra, Mishra e Sutar (2010) e Nagarajiah e Prakash (2011).

Tabela 5 – Composição centesimal da casca da banana (g 100 g⁻¹).

	Mohapatra, Mishra e Sutar (2010)	Nagarajaiah e Prakash (2011)	Emaga <i>et</i> <i>al.</i> (2007)	Gondim <i>et al.</i> (2005)
UMIDADE	83,50	88,90	91,10	89,47
PROTEÍNA EXTRATO ETÉREO	10,91	6,70	6,60	16,05
	10,30	6,20	5,80	9,40
CARBOIDRATOS RESÍDUO		26,40		46,63
MINERAL FIXO		12,90	11,10	9,02

Fonte: Adaptado de Gondim et al. (2005); Emaga et al. (2007); Mohapatra, Mishra e Sutar (2010); Nagarajaiah e Prakash (2011).

3.3.3 Aplicações dos resíduos da industrialização da banana

O resíduo do processamento da banana, em grande parte composto por cascas, possibilita inúmeras aplicações, inclusive na produção de energia. Nathoa, Sirisukpoca e Pisutpaisal (2014) demonstraram a eficiência da produção de hidrogênio e metano a partir de cascas de banana. A quantidade potencial de energia produzida através da produção de metano a partir da casca de banana é consideravelmente maior do que a quantidade de energia gerada pela sua combustão direta (TOCK et al., 2010). A produção de metano a partir dos resíduos da banana também apresentou resultados promissores e aplicáveis em escala comercial em uma pesquisa realizada em escala piloto na Austrália por Clarke et al. (2008).

Nos últimos anos pesquisas têm sido desenvolvidas no sentido do melhor aproveitamento do resíduo da agroindústria tanto por questões econômicas quanto ambientais (ANWAR; GULFRAZ; IRSHAD, 2014).

A utilização da casca da banana para produção de bio-etanol é outra forma de geração de energia que vem sendo estudada por vários autores com o objetivo de aproveitamento do resíduo da industrialização da banana (TEWARI; MARWAHA; RUPAL, 1986; SHARMA et al., 2007; MOHAPATRA; MISHRA; SUTAR, 2010; SOUZA et al., 2012; GABHANE et al., 2014). Para a produção de etanol, no entanto, é necessária a hidrólise dos carboidratos. Hoje realizada por uma combinação de enzimas pectinolíticas e celulolíticas (OBEROI; SANDHU; VADLANI, 2012).

O resíduo do processamento de banana também pode ser utilizado diretamente para queima em caldeiras, entretanto a alta umidade pode diminuir a eficiência do processo (TOCK et al., 2010).

Pelas excelentes características de adsorção, os resíduos vegetais vêm sendo aplicados na retirada de metais pesados no tratamento de águas residuais como uma alternativa barata e verde (ARVANITTOYANNIS; VARZAKAS, 2008). Assim, além da produção de energia, a casca da banana vem sendo testada na remoção de metais pesados da água. Mostrou eficiência na remoção de cromo (Cr) de águas residuais em um estudo modelo (MEMON et al., 2009) e de cobre (Cu) de águas residuais (LIU et al., 2012).

As cinzas da banana foram experimentalmente utilizadas para remoção, através de precipitação, de ferro presente em águas subterrâneas, por Bordoloi, Nath e Dutta (2011) onde 400 mg L^{-1} de cinzas se mostraram eficientes para precipitação de ferro em concentrações de até 20 mg L^{-1} .

As cascas da banana também são matéria prima para extração de nanofibras para diversas aplicações. Tibolla, Pelissari e Menegalli (2014) realizaram a extração através de processos enzimáticos e químicos.

Outra possível aplicação do resíduo da industrialização da banana é a alimentação animal. As quantidades de micronutrientes presentes na casca da banana configuram-na como matéria prima para produção de ração para gado leiteiro (MOHAPATRA; MISHRA; SUTAR., 2010). Os demais resíduos da produção da banana (resíduos agrícolas e engaço) são, há muito tempo utilizados na alimentação de cabras (POYYAMOZHI; KADIRVEL, 1986) e ovelhas (VISWANATHAN; KADIRVEL; CHANDRASEKARAN, 1989).

A farinha da casca da banana () também pode ser utilizada na elaboração de produtos de panificação através da substituição parcial da farinha de trigo (PESSOA, 2009; MOHAPATRA; MISHRA; SUTAR, 2010) ou na produção de macarrão (RAMLI; ALKARKHI et al., 2009). Pela presença de compostos antioxidantes, a farinha de casca de banana pode ser considerada um ingrediente funcional e também um agente cicatrizante em medicamentos (PEREIRA, 2010; REBELLO et al., 2014).

Embora existam muitas possibilidades para aplicação do resíduo da banana, a grande maioria ainda é descartada ou utilizada como adubo orgânico. As razões pelas quais a compostagem se mostra uma alternativa interessante são os benefícios ao solo. Este resíduo age como protetor do solo, aumentando a capacidade de retenção de água e

provendo nutrientes necessários às culturas por longos períodos (ARVANITTOYANNIS; VARZAKAS, 2008).

3.3.4 Utilização de resíduos sólidos agroindustriais na produção de energia

O setor industrial responde por 37 % do consumo global de energia primária, dessa forma, representa uma importante oportunidade para avanços em eficiência (INTERACADEMY COUNCIL, 2010).

No caso de resíduos vegetais, estes são compostos por celulose, hemicelulose e lignina. A biomassa, proveniente da maioria dos resíduos da produção agrícola é composta de 10 a 25 % de lignina, 20 a 30 % de hemicelulose e 40 a 50 % de celulose (ANWAR; GULFRAZ; IRSHAD, 2014).

No caso do bagaço da cana-de-açúcar, por exemplo, a proporção é de 20 % lignina, 25 % de hemicelulose e 42 % de celulose (ANWAR et al., 2014). Os resíduos de banana apresentam 31,4 % de celulose, 35,3 % de hemicelulose e 33,3 % de lignina (VASSILEV et al., 2012a).

Os resíduos sólidos provenientes do processamento industrial de alimentos podem ser utilizados para geração de energia através de vários processos como combustão, gaseificação, processos hidrotérmicos, liquefação e pirólise. Todos estes, entretanto, afetados pelo alto teor de umidade. Por esta razão, outras formas de conversão do resíduo em energia vêm sendo pesquisadas dentre elas a produção de hidrogênio, biogás e bioetanol (VAN DYK et al., 2013). Além destes, os resíduos agroindustriais podem ser convertidos a energia por outros meios.

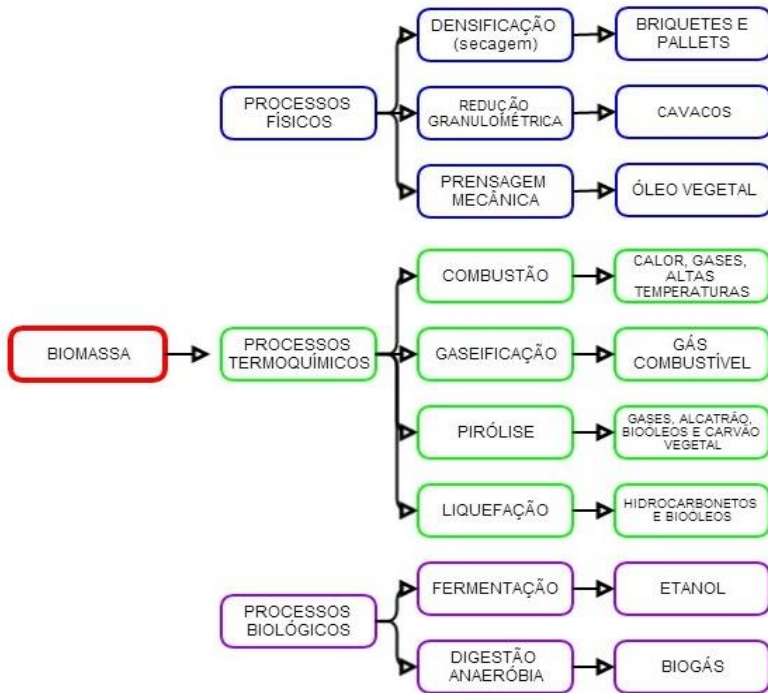
Resíduos de frutas e vegetais contém entre 8 e 18 % de sólidos totais e entre 86 e 92 % de compostos voláteis. Nestas condições, o resíduo pode ser utilizado em biorreatores anaeróbios para produção de metano. A conversão de matéria orgânica em metano pode atingir entre 70 e 95 % (ARVANITTOYANNIS; VARZAKAS, 2002).

No caso de resíduos ricos em óleo, a produção de biodiesel pode ser aplicada. O biodiesel emite menos poluentes do que os combustíveis convencionais (TASHTOUSH; AL-WIDYAN; AL-SHYOUKH, 2003).

Resíduos do processamento de azeitonas e batatas também foram testados na queima em combustores de leito fluidizado a 900 °C (SUKSANKRAISORN; PATUMSAWAD; FUNGTAMMASAN, 2003).

As formas de conversão do resíduo sólido ou biomassa podem ser observadas na Figura 5.

Figura 5 – Formas de Conversão de biomassa à energia.



Fonte: Adaptado de Anwar, Gulfranz e Irshad (2014) e Nogueira e Lora (2003).

Quando se utiliza a queima ou combustão de resíduos para produção de energia como em uma caldeira, por exemplo, o poder calorífico (PC) é um dado muito importante. O poder calorífico representa a quantidade de calor gerada pela combustão completa de uma unidade de massa de um combustível. Combustíveis que liberam água na sua queima possuem um poder calorífico inferior (PCI) e um poder calorífico superior (PCS), ambos estimados em umidade zero. O PCI é o calor demandado para liberação da água e o PCS para liberação do restante da massa. A diferença entre o PCS e o PCI é o poder calorífico líquido, que é inversamente proporcional à quantidade de água presente no combustível, razão pela qual a percentagem de umidade de um resíduo a ser queimado deve ser reduzida (NOGUEIRA; LORA, 2003).

Assim, a presença de água diminui o poder calorífico, além de aumentar a massa do resíduo a ser queimado. A umidade de um resíduo

pode variar entre 10 % (em materiais desidratados) até 50 % em resíduos frescos (FERNANDES; MARANGONI; SOUZA, 2013).

Para determinação da característica de um determinado material como combustível, é importante que seja determinada sua composição imediata, onde são analisados o teor de umidade, cinzas, carbono fixo e materiais voláteis. Segundo Protásio et al. (2011), o material volátil tem relação direta com a ignição, pois quanto maior o teor de voláteis maior será a reatividade, a ignição e a facilidade com que uma biomassa queima. Em geral, as biomassas agroindustriais apresentam um teor de voláteis entre 65 e 85 %. Em relação às cinzas, compostos minerais que não são eliminados na queima, estes são inversamente proporcionais ao potencial calorífico de um resíduo, além de, dependendo da característica das cinzas, estas podem liquefazer durante o aquecimento, causando prejuízos nos equipamentos. Para combustíveis comerciais as concentrações esperadas são de 0,6 a 9,8 %, embora os resíduos agroindustriais estejam em sua maioria na faixa de 5 a 20 % de cinzas (DEMIRBAS, 2005; FERNANDES et al., 2013; NUNES; MATIAS; CATALÃO, 2016a) especificamente no caso da casca da banana, entre 11 e 12,9 %.

Os compostos que apresentam maior impacto no poder calorífico são carbono, hidrogênio, nitrogênio, oxigênio e enxofre. A presença de nitrogênio, enxofre e cloro dão uma idéia do impacto ambiental e da corrosão dos equipamentos, enquanto que o carbono, o hidrogênio e o oxigênio permitem o cálculo teórico do poder calorífico (DEMIRBAS, 2004; BILBA; ARSENE; OUENSANGA, 2007; WILSON et al., 2011; VIRMOND et al., 2012; FERNANDES et al., 2013).

A alta demanda das indústrias de vários setores por energia têm aumentado a utilização de biomassa e, por consequência, resultando também no aumento da produção de cinzas como resíduos (DONG; KIRK; TRAN, 2014; FERNANDES et al., 2013). É o caso da indústria sucroalcooleira onde para cada tonelada de cana são produzidos cerca de 140 kg de bagaço, 150 kg de açúcar e 140 kg de palha (SCHIRMER, 2006). O bagaço de cana pode gerar até 3700 Kcal kg⁻¹ (QUIRINO, 2003). A adaptação das caldeiras para aplicação de resíduos da produção de açúcar e álcool apresenta algumas vantagens em comparação com outros combustíveis. Custo baixo e alta disponibilidade (bagaço e palha), oportunidade de complementação com diversas biomassas, grande oportunidade para tornar mais limpa e sustentável a matriz energética brasileira e redução de um passivo ambiental (PERDONÁ, 2012).

Na indústria do arroz a casca é o maior resíduo. Estas cascas podem ser aplicadas na geração de energia através da queima sendo considerada uma alternativa praticável em termos ambientais e econômicos (FOLETTO et al., 2005; LHAMBY; CANES, 2010; FEPAM, 2011) visto que podem ser geradas 3730 Kcal kg⁻¹ de casca na sua combustão (QUIRINO, 2003).

A utilização da casca de banana, assim como outros resíduos agroindustriais com alto teor de umidade constitui um desafio. A umidade reflete em um alto grau de degradação, dificuldade de manuseio e alto volume de material. Estas barreiras podem ser diminuídas pela briquetagem das cascas (WILAIPON; TRIRATTANSIRICHA; TANGCHAICHIT, 2006) tornando o processo de queima mais eficiente, visto que existe uma relação clara entre a quantidade de umidade e a eficiência do processo de queima dos resíduos (SUKSANKRAISORN *et al.*, 2003).

3.3.4.1 Propriedades das cinzas da combustão de resíduos sólidos agroindustriais

Como os resíduos orgânicos utilizados em processos de combustão nas agroindústrias são distintos, as cinzas provenientes da queima também podem ser diferentes em composição (SAIDUR et al., 2011).

As cinzas provenientes da combustão de cascas de arroz, por exemplo, representam até 18 % do peso da casca e são impuras, o que dificulta sua comercialização, porém são aplicadas na elaboração de composto agrícola. O resíduo do processamento industrial do arroz ficaria muito próximo de zero no caso da aplicação das cinzas em outros processos industriais. Atualmente as cinzas são aplicadas na produção de carbetto de silício (SiC), produção de sílica pura, como carga em polímeros, para produção de cimento e concreto, como adsorvente na extração de ouro, catalizadores metálicos e síntese de zeólitas (FOLETTO et al., 2005; POSSAMAI; KÜHN; HOTZA; SC, 2005). Outros destinos como utilização da cinza da casca do arroz em substituição parcial (20 %) do talco na produção de polipropileno já foram testadas por Alfaro (2010), obtendo um produto ligeiramente inferior, porém aplicável para fins menos nobres.

Dentre os variados resíduos sólidos produzidos pelas agroindústrias, os mais utilizados para combustão em caldeiras são a

casca de arroz e o bagaço de cana-de-açúcar (PERDONÁ, 2012; PINTO; RABENSCHLAG, 2013), onde na composição da cinza predomina o óxido de silício (SAIDUR et al., 2011).

Óxidos de sódio, potássio, cálcio, magnésio, cobre, ferro, manganês e zinco são os elementos mais comuns nas cinzas da casca de arroz, porém em quantidades que diferem entre regiões, solos, fertilizantes e cultivar (POSSAMAI et al., 2005).

Em cascas de frutas *in natura* a quantidade de cinzas presentes é pequena devido à alta umidade. São encontradas as quantidades de 0,75 % cinzas no abacate, 1,03 % no abacaxi, 0,95 % na banana, 0,82 % no mamão, 0,57 % no maracujá, 0,96 % no melão e 1,75 % na tangerina, todas estas em base úmida. O potássio é o mineral mais abundante em todos os resíduos minerais de frutas (GONDIM et al., 2005).

A investigação de cinzas para produção de sal é escassa entretanto, Bertin (2014) estudou a utilização da *Sarcocornia ambigua* para produção de um “sal verde” com o diferencial de que esta planta produz um sal que contém aproximadamente 30 % de cloreto de sódio (DIAS, 2015).

3.4 SAL E SÓDIO NA DIETA

O sódio é um nutriente essencial para manutenção das funções vitais do corpo. Possui ação direta na distribuição de água no organismo. A relação entre o sal e a água determina sua osmolaridade. Na tentativa de manter a osmolaridade normal, o organismo aumenta a excreção de água quando os níveis de sódio diminuem e aumenta a retenção de água quando os níveis no organismo estão elevados. O sódio também é fundamental na geração de gradientes trans-membrana celular, permitindo a captação de nutrientes pelas células, mucosas e rins. Sua ação sobre a pressão arterial está ligada ao aumento e diminuição do volume plasmático, que depende também da capacidade renal de eliminar ou não o sódio do organismo nas alterações biológicas (GALVIS-SÁNCHEZ et al., 2013)

O consumo excessivo de sódio está relacionado com a hipertensão arterial, cálculo renal, osteoporose e câncer gastrointestinal, razões pelas quais é fundamental a implementação de políticas públicas voltadas à redução do consumo (MACGREGOR, 2001; HE; MACGREGOR, 2010).

Embora muitos estudos demonstrem a relação entre a hipertensão arterial, doenças renais, dentre outras, ao consumo de sódio, alguns pesquisadores acreditam que a relação não é tão direta assim e que, devido à dificuldade em avaliar o fator do consumo e excreção do sal sem interferência de outros fatores em uma determinada população estudada (CHRYSANT; BAKIR; OPARIL, 1999). Mente, O'donnell e Yusuf (2014) questionam a preocupação exagerada com a redução de sal no mundo, visto que o consumo diário ideal está entre 3 e 6 g sódio. Entretanto, a taxa de doença cardiovascular em indivíduos com consumo abaixo de 3 g diárias é paradoxalmente maior do que dos indivíduos que consomem entre 3 e 6 g de sódio por dia. Dietas especiais em sal devem ser indicadas a seletos grupos de pacientes hipertensos e não necessariamente para toda a população (WEIR; BAKRIS, 1996).

De fato, um estudo publicado na página do *National Academies*, que reúne a *National Academy of Sciences*, *National Academy of Engineering*, *Institute of Medicine* e o *National Research Council*, nos Estados Unidos, alerta sobre a necessidade de mais estudos, citando que, aqueles apresentados até o momento são inconsistentes e insuficientes para concluir que a ingestão recomendada de sal tenha efetivamente um efeito sobre o risco de morte por doenças cardíacas (NATIONAL ACADEMIES, 2013).

Apesar da divergência sobre o real impacto do sódio ingerido no aumento de doenças cardíacas, vários países têm implantado políticas de redução de sódio nas dietas de suas populações. No Reino Unido, a maior parte do sal consumido, 80 %, é proveniente dos produtos industrializados. A utilização de sal no cozimento de produtos representa 15 % do consumo. Os outros 5 % são provenientes dos próprios alimentos. Nos Estados Unidos, apenas 4 % do sal comercializado é destinado ao setor de alimentos. Os demais setores como agricultura, tratamento de água ou controle de gelo consomem o restante. Estes valores são diferentes em cada região por questões culturais; por esta razão, as políticas relacionadas à redução devem ser focadas de acordo com a realidade local e a indústria de alimentos processados deve adequar a quantidade de cloreto de sódio em seus produtos sem excessos desnecessários (HE; MACGREGOR, 2010; MACGREGOR, 2001).

Na Austrália, o *National Health and Medical Research Council* estabelece o Nível Limite de Ingestão Tolerável (*Tolerable Upper Intake Level – UL*) em decorrência das evidências sobre os efeitos adversos do consumo elevado de sódio sobre a pressão sanguínea e

está estabelecido em 2300 mg/dia (AUSTRALIAN GOVERNMENT, 2005).

Na Irlanda a *Food Safety Authority of Ireland* recomenda um consumo diário de 2,4 g de sódio (6 g de NaCl) por dia, reforçando que a necessidade fisiológica é de apenas 1,6 g de sódio (4 g de NaCl) para a grande maioria da população (FSAI, 2005). Já a Organização Mundial de Saúde recomenda uma ingestão diária de 5 g de NaCl por dia (WHO, 2012a).

O Reino Unido estima um custo de aproximadamente £30 bilhões anuais relacionados a doenças cardiovasculares. Atualmente, existem no país quatro grandes políticas voltadas à diminuição do consumo de sal na dieta: *Change4Life* campanha de promoção a saúde, *Front-of-Pack* para disponibilização do conteúdo de sódio nas embalagens, *Food Standards Agency*, atuando junto à indústria buscando a redução de sal nos produtos industrializados e *Mandatory Reformulation*, também focando a redução de sal em produtos industrializados. A ação destas políticas resultou em uma economia de aproximadamente £60 milhões, sem contar os benefícios à saúde dos britânicos (COLLINS et al., 2014).

Seguindo a mesma linha, o Brasil também busca a redução de sódio na dieta dos brasileiros, através da Estratégia Nacional de Redução do Consumo de Sódio, programa vinculado ao Ministério da Saúde que tem as seguintes metas:

- a) promoção da alimentação saudável e aumento da oferta de alimentos saudáveis;
- b) redução voluntária dos níveis de sódio em alimentos processados e alimentos vendidos em estabelecimentos de *food service* e restaurantes;
- c) rotulagem e informação ao consumidor.

O mesmo programa, com o objetivo de reduzir o teor de sódio em alimentos processados, conta com o Plano de Redução do Sódio em Alimentos Processados, que estabelece metas para a redução gradativa de sódio em diversos produtos industrializados em parceria com as indústrias (BRASIL, 2010a, 2011). Para estabelecimento das metas de redução na indústria foi utilizado como base o Perfil Nutricional dos Alimentos Processados (BRASIL, 2010b).

No Brasil, o consumo de sal chega a 12 g dia⁻¹, acima da recomendação da Organização Mundial da Saúde, que estabelece uma meta de 5 g por dia por pessoa (NILSON; JAIME; RESENDE, 2012). A

Sociedade Brasileira de Hipertensão informa uma média de 9,6 g por pessoa por dia de acordo com valores da Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF) no ano de 2002 (SBH, 2011).

É importante ressaltar que, para que uma política de redução seja implementada com sucesso, é importante que as populações tenham conhecimento sobre os benefícios que esta redução promove para a saúde. É o que concluiu um estudo envolvendo um grupo recrutado online de vários países (Alemanha, Áustria, Estados Unidos, Hungria, Índia, China, África do Sul e Brasil) publicado em 2013 pela revista *Appetite*, que elencou como uma das barreiras às políticas de redução de sódio, a falta de conhecimento (NEWSON et al., 2013).

3.4.1 Estudos de substituintes de sódio, sob o aspecto sensorial.

Dos substitutos de NaCl, o KCl é o mais utilizado, no entanto, substituições de 50 % causam um aumento significativo no gosto amargo dos produtos, demonstrando a possibilidade de aceitação de produtos utilizando KCl em menores proporções e a necessidade de avaliações sensoriais em cada um deles (DESMOND, 2006).

Além da definição da proporção ideal NaCl/KCl a ser utilizada, é importante que se dispense atenção ao fato de que o potássio também não pode ser utilizado indiscriminadamente. Algumas populações como diabéticos tipo 1, doentes renais crônicos, indivíduos que apresentem insuficiência cardíaca grave e insuficiência adrenal apresentam uma certa vulnerabilidade à alta concentração de potássio em substitutos de NaCl que utilizem sal deste mineral (FSAI, 2005).

No Brasil, um dos alimentos que mais contribui para a ingestão de sódio pela população brasileira é o pão francês. Por esta razão, foi realizado um estudo sensorial da substituição parcial do NaCl por KCl em pão francês. Entre as diferentes proporções de substituição testadas, a que apresentou a melhor aceitação em relação ao padrão foi a formulação com 1,4 % de NaCl e 0,6 % de KCl (a formulação padrão utilizou 2 % de NaCl). Esta proporção já atende às necessidades de redução de sódio propostas pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA (BRASIL, 2013).

Em produtos cárneos, reduções abaixo de 1,35 % de NaCl são bastante perceptíveis e têm impacto negativo em testes sensoriais. A substituição parcial com KCl é uma boa alternativa; entretanto, testes sensoriais são necessários para determinar o valor ideal da proporção NaCl e KCl aceita pelo consumidor já que o KCl apresenta um sabor

amargo e metálico. Cerca de 3 g em 1 kg de carne para que as alterações sensoriais sejam perceptíveis. Em relação aos aspectos tecnológicos, o KCl desempenha as mesmas funções que o NaCl (ORVALHO, 2010). Substituições de até 40 % já apresentam sabor amargo em produtos cárneos, sendo que o ideal está em torno de 25 % (ARAÚJO, 2012).

A substituição de 25 % de KCl em relação ao NaCl foi testada em um grupo de 608 indivíduos com média de 60 anos de idade. Nestas concentrações, a alteração também não foi sensorialmente perceptível no estudo realizado (SCALI et al., 2007).

Em pesquisa realizada na Espanha, o KCl também foi utilizado em diferentes relações NaCl/KCl em bacalhau salgado e foi bem aceito no atributo sabor, pelos avaliadores com até 25 % de KCl (ALIÑO; FUENTES; BARAT, 2011).

Outros produtos além do KCl também podem ser utilizados como substituintes do NaCl em alimentos: fosfatos, transglutaminase, caseinatos, $MgSO_4$, $CaCO_3$, $MgCO_3$, $MgCl_2$ (ARAÚJO, 2012) além de extratos de ervas (LEE, 2011) e lactato de potássio (GUÀRDIA et al., 2008).

Buscando a diminuição do efeito sensorial negativo do KCl em substituição do NaCl em salsichas, foi estudado o uso de lactato de potássio em combinação com KCl 1:1 representando 50 % do sal, onde os outros 50 % utilizados foram de NaCl. Nesta pesquisa a conclusão é de que esta substituição pode ser aceita pela maioria da população, porém fatores como gênero, idade e outras características dos avaliadores influenciam a aceitação (GUÀRDIA et al., 2008). A utilização da proporção NaCl:KCl (75:25) em salsichas testadas com dez avaliadores treinados foi considerada como “salgada igual ao controle” (NASCIMENTO et al., 2007).

As cinzas de vegetais para produção de sal são pouco estudadas. Bertin (2014), estudou a utilização da farinha da *Sarcocornia ambigua* como salgante natural, enquanto as cinzas desta planta como substituto de sal vem sendo estudadas pela Epagri (DIAS, 2015). As cinzas da *Sarcocornia ambigua* possuem uma quantidade elevada de sódio, enquanto as cinzas da casca de banana não contém sódio. Não foram encontrados estudos sobre a valorização de cinzas para a produção de sal rico em potássio como um substituinte parcial do cloreto de sódio.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 PROCEDÊNCIA E PREPARO DAS AMOSTRAS

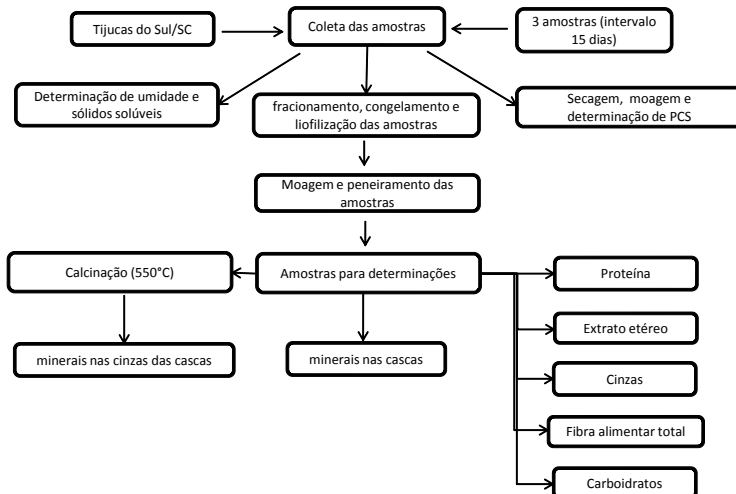
4.1.1 Amostras de cascas de bananas

As amostras de casca de bananas orgânicas (*Musa cavendishii*) foram coletadas no Município de Tijucas, Santa Catarina provenientes de uma empresa que utiliza bananas para produção de purê de banana e balas de banana. Parte dos resíduos desta produção são as cascas, coletadas para realização deste projeto.

Foram coletadas três amostras de 5 kg de cascas trituradas, acondicionadas em sacos plásticos e em seguida colocadas em caixa térmica e imediatamente levadas ao Laboratório de Pesquisa e Pós-Graduação do Programa de Pós-Graduação em Segurança Alimentar e Nutricional da Universidade Federal do Paraná, localizado há cerca de 250 km da empresa.

O tratamento das amostras está representado na Figura 6.

Figura 6 – Fluxograma da coleta e preparo das amostras de cascas de banana.



Fonte: Acervo da autora.

Buscando obter uma boa representatividade, foram coletadas três amostras, com intervalos de aproximadamente 15 dias.

A certificação da origem orgânica das amostras pode ser verificada no Anexo I.

As amostras de cascas de bananas destinadas para análises de fibra alimentar, proteína, carboidratos, cinzas, extrato etéreo e determinações de minerais foram porcionadas e congeladas para posterior liofilização, moagem e peneiramento. A liofilização foi realizada em liofilizador Liobras modelo L101, a moagem em moinho analítico Requipal modelo TE600 e finalmente as amostras passaram por peneira de 60 mesh em agitador de peneiras para análises granulométricas Bertel modelo 2829. Os minerais também foram determinados nas cinzas das amostras liofilizadas.

Amostras frescas foram utilizadas para as determinações de sólidos solúveis (°BRIX) e umidade e amostras destinadas a determinação de PCS foram desidratadas até umidade zero em estufa e moídas em moinho analítico IKA, modelo C 5001.

4.1.2 Amostras de bananas – grau de maturação

As amostras de bananas utilizadas para a determinação do grau de maturação foram coletadas paralelamente ao lote das cascas. Assim, quando coletados os 5 kg das amostras cascas moídas também foram coletadas 20 frutos (cada 20 frutos compuseram uma amostra), totalizando 60 frutos. Estes frutos foram transportados em caixas de isopor ao Laboratório de Pesquisa e Pós-Graduação do Programa de Pós-Graduação em Segurança Alimentar e Nutricional da Universidade Federal do Paraná.

4.3 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DOS FRUTOS

4.3.1 Determinação de grau de maturação

Para determinação do grau de maturação dos frutos, foram utilizadas duas técnicas. A primeira, baseada na firmeza dos frutos através de penetrômetro Wagner modelo ST 10 com probe cilíndrico de 8 mm. A segunda técnica utilizada foi a determinação dos sólidos solúveis (°BRIX) dos frutos através de refratômetro digital de bancada modelo RTD 95 (Instruterm).

4.3.1.1 Determinação do teor de sólidos solúveis

A análise do teor dos sólidos solúveis através da determinação do °BRIX das amostras foi realizada no fruto buscando o grau de maturação dos frutos, que geraram os resíduos do processamento.

Para determinação do °BRIX ou sólidos solúveis totais (SST) da amostra foram coletados 20 frutos de cada um dos três momentos de coleta. Um grama de amostra foi coletado em três pontos de cada fruto, sendo duas amostras nas pontas e uma no centro do fruto. Essa amostra composta pelos três pontos do fruto foi pesada em tubo de ensaio com capacidade para 5 mL. Um mL de água destilada foi adicionado em cada um dos tubos, que foram homogeneizados em agitador de tubos tipo vortex Phoenix modelo AT 56 por um minuto. Após a agitação, os tubos foram levados a centrifuga Sigma, modelo 4K15 e centrifugados a 4192.5 (força G) por 10 minutos. A determinação dos SST foi realizada utilizando um refratômetro digital de bancada RTD 95 (Instruterm), do sobrenadante resultante da centrifugação das amostras, de acordo com método adaptado de Semongok (2012). Cada amostra foi analisada em triplicata.

4.3.1.2 Determinação da firmeza

A firmeza dos frutos também está relacionada com o seu grau de maturação; por essa razão foram realizados testes de firmeza nos 60 frutos coletados.

Para determinação de firmeza foi utilizado um penetrômetro de campo (WAGNER INSTRUMENTS, USA) modelo FT 10, (indicado pelo fabricante para frutos com baixa resistência física) com probe cilíndrico de 8 mm (SEMONGOK, 2012; SOLTANI; ALIMARDANI; OMID, 2010). Foram realizadas três leituras de firmeza em cada um dos frutos, sendo uma leitura na lateral superior, uma na lateral inferior e a terceira na lateral na parte central do fruto descascado, fornecendo o valor médio da firmeza do fruto inteiro.

4.3 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DAS CASCAS

4.3.2 Determinação de sólidos solúveis das cascas

A fração líquida das amostras de cascas de banana foi separada através de filtração em filtro de papel qualitativo. O filtrado foi analisado em refratômetro digital de bancada, modelo RTD 95 (Intrutermin).

4.3.3 Determinação da composição centesimal

Gordura total (INSTITUTO ADOLF LUTZ, 2008), proteína (991.20) (AOAC, 2005), fibra (991.43) (AOAC, 2005), resíduo mineral fixo (940.26) (AOAC, 2000), umidade (INSTITUTO ADOLF LUTZ, 2008) e carboidratos (BRASIL, 2003), foram quantificados nas amostras para determinação da composição centesimal.

A digestão das amostras para determinação de proteínas foi realizada em bloco digestor modelo DK 20 (VELP SCIENTIFICA) e a destilação do nitrogênio em destilador modelo UDK 139 (VELP SCIENTIFICA). Para os cálculos foi utilizado o fator de conversão utilizado foi de 6,25.

A extração de lipídeos foi realizada em bateria Solab SL 201/6.

Para determinação de fibras foram utilizadas, Amiloglucosidase (A9913 Sigma), Protease (P3919 Sigma) e α -Amilase (A3306 Sigma) em conjunto de filtração Velp GSF6 (VELP SCIENTIFICA).

As determinações de resíduo mineral fixo foram realizadas em mufla Zezimaq Modelo 2000 G. A umidade foi determinada através de secagem direta em estufa de circulação e renovação de ar Solab SL 102/64 a 105 °C.

Através da equação 1 é possível estimar o poder calorífico das amostras.

$$PC_{\text{(estimado)}} = (\text{Proteínas} \times 4) + (\text{carboidratos} \times 4) + (\text{extrato etéreo} \times 9) \quad (1)$$

4.3.4 Determinações no resíduo mineral fixo das cascas de banana

4.3.4.1 Cinzas solúveis e insolúveis em água

A solubilidade das cinzas obtidas pela calcinação das amostras de casca de banana foi determinada pela adição de água destilada aquecida a 100 °C (30 mL) às cinzas e filtração em papel filtro quantitativo.

Os resíduos retidos no papel filtro, foram novamente calcinadas em forno mufla modelo 2000G (ZEZIMAQ) a 550 °C, de acordo com método de acordo com método 020/IV e 021/IV (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008). O peso das cinzas obtidas a partir da calcinação do material retido no filtro representa o valor das cinzas insolúveis em água.

Para determinação das cinzas solúveis em água, é subtraído o peso das cinzas insolúveis do resultado obtido na determinação do resíduo mineral fixo.

4.3.4.2 Alcalinidade das cinzas solúveis e insolúveis em água

A alcalinidade das cinzas solúveis foi determinada pela titulação do filtrado obtido nas determinações de cinzas solúveis em água de acordo com método 023/IV de Fundamentos Teóricos e Práticos de Análise de Alimentos (CECCHI, 2003). O filtrado foi titulado com ácido clorídrico 0,1 molL⁻¹ com indicador alaranjado de metila.

As cinzas obtidas na determinação de cinzas insolúveis em água foram utilizadas para determinação da alcalinidade das cinzas insolúveis em água de acordo com método 022/IV (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008). Quantidade conhecida de ácido clorídrico 0,1 molL⁻¹ foi adicionada à cinza e o seu excesso foi titulado com hidróxido de sódio 0,1 molL⁻¹ com indicador alaranjado de metila.

4.3.4.3 Alcalinidade das cinzas

A alcalinidade das cinzas foi determinada de acordo com método descrito por Cecchi (2003). Foi adicionada uma quantidade em excesso de ácido clorídrico 0,1 molL⁻¹ às amostras de cinzas. O excesso de ácido adicionado às cinzas foi titulado com hidróxido de sódio 0,1 molL⁻¹ com indicador alaranjado de metila.

4.3.4.4 Cinzas solúveis e insolúveis em ácido clorídrico 10 % v/v

Foram adicionados 20 mL de ácido clorídrico 10 % v/v às amostras de cinzas. Estas foram filtradas em papel filtro quantitativo. O cadinho foi lavado com auxílio de água destilada a 100 °C até o filtrado não ter mais reação ácida, verificada com auxílio de indicador alaranjado de metila. O papel filtro com o resíduo foi retornado ao cadinho, seco em estufa e calcinado em forno mufla modelo 2000G (ZEZIMAQ) a 550 °C de acordo com método 024/IV e 025/IV (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

Para determinação das cinzas solúveis foi subtraído o valor encontrado na determinação das cinzas insolúveis em ácido clorídrico 10 % v/v do valor encontrado na determinação de resíduo mineral fixo.

4.3.4.5 Sulfatos – método gravimétrico

Os sulfatos presentes nas amostras foram determinados através do método 026/IV (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008). Foi adicionado ácido clorídrico (1:1) às cinzas, que são filtradas com auxílio de água destilada a 100 °C. Os filtrados foram levados a balões volumétricos de 100 mL, aferidos com água destilada. Foram pipetados volumetricamente 50 mL dos balões para copos de Becker, onde uma solução de cloreto de bário 5 % foi adicionada lentamente, buscando a precipitação, em forma de sulfatos. Este precipitado foi recolhido através de filtro, após 12 horas de repouso das amostras. O papel filtro contendo o precipitado foi seco em estufa com circulação e renovação de ar a 105 °C modelo SL 102/64 (SOLAB) e calcinado em forno mufla modelo 2000G (ZEZIMAQ) a 550 °C.

4.3.4.6 Cloretos – volumetria

A determinação de cloretos seguiu a técnica 028/IV (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008), onde as cinzas das amostras são levadas a balões volumétricos de 100 mL aferidos com água destilada. Uma alíquota de 10 mL destas amostras foi retirada para titulação com nitrato de prata 0,1 molL⁻¹ com indicador cromato de potássio.

4.3.4.7 Fosfatos – espectrofotometria

Os fosfatos nas cinzas foram determinados de acordo com o método 031/IV (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008). Foi elaborada uma curva padrão de fosfato com seis pontos, que utilizou como cromóforo o reagente vanado-molibdato de amônio.

As amostras de cinzas foram transferidas para balões volumétricos de 100 mL com auxílio de solução de ácido clorídrico 1+2 e água. Uma alíquota de 10 mL destas amostras foi retirada e adicionada a balões de 100 mL, onde foram adicionados volumetricamente 25 mL da solução de vanado-molibdato de amônio e o volume completado com água destilada. As soluções da curva e as amostras foram lidas em espectrofotômetro, UV-Vis Modelo S100 (METAS) a 420 nm. A Equação 2, obtida a partir da curva de calibração (faixa de concentração de 0,20 a 2,0 mg.L⁻¹, a partir da qual foi realizado o cálculo para a concentração de fosfatos nas cinzas de cascas de banana.

$$\text{Concentração de fosfatos} = [(A + 0,0022)/0,2799] \quad (2)$$

Onde,

A = leitura em absorbância das amostras em 420 nm.

4.3.5 Determinação de açúcares redutores das cascas de banana

Açúcares redutores foram determinados por técnica colorimétrica adaptada de Dubois (DUBOIS et al., 1956), também conhecida como método fenol-sulfúrico. Este método se baseia na capacidade dos grupos redutores, quando da presença de fenol e ácido sulfúrico concentrado produzem uma coloração laranja-amarelado, cuja intensidade está relacionada com a concentração destes grupos. A curva padrão foi construída com solução de glicose na faixa de concentração de 10 a 70 mg.L⁻¹. As leituras da absorbância dos padrões e das amostras foram feitas em espectrofotômetro UV-Vis Modelo S100 (METAS) a 490 nm.

Foram pesados aproximadamente um grama de cada uma das amostras e diluídas em balão volumétrico de 100 mL. Novas diluições foram realizadas até que a concentração de açúcares nas amostras estivesse dentro da curva padrão preparada. As determinações foram feitas em triplicata.

4.3.7 Análise imediata das amostras de cascas de banana

A análise imediata determina cinzas, umidade, materiais voláteis e carbono fixo de amostras desidratadas para estimar o seu PCS. As determinações foram realizadas em duplicata segundo as orientações contidas no *Standard Test Method for Chemical Analysis of Wood Charcoal*, D 1762-84 (ASTM, 1990).

As amostras, previamente desidratadas, foram moídas em moinho analítico IKA modelo C 5001. Para as determinações de umidade, cinzas e materiais voláteis (MV) a mesma amostra foi utilizada, assim, a amostra foi pesada em cadinho de porcelana, previamente preparado em forno mufla a 750 °C, resfriado e pesado. O teor de carbono fixo foi obtido pela diferença entre teor de voláteis e o teor de cinzas. Aproximadamente cinco gramas da amostra foram pesados. A umidade foi determinada em estufa de circulação de ar a 105 °C até peso constante.

Na sequência, o mesmo cadinho foi utilizado para determinação dos materiais voláteis. Para isso o forno mufla foi aquecido a 950 °C. Os cadinhos foram colocados primeiramente sobre a porta do forno apoiados em uma chapa resistente a altas temperaturas onde permaneceram por 2 minutos. Em seguida são conduzidos a entrada do forno onde permaneceram por mais 3 minutos. Finalmente, os cadinhos foram colocados no forno mufla por 6 minutos. Após este tempo, os cadinhos foram retirados, resfriados em dessecador e pesados.

A determinação seguinte é a de cinzas. Os cadinhos contendo as amostras da etapa anterior foram levados ao forno mufla aquecido a 750 °C por 6 horas. Retirados do forno e resfriados em dessecador, foram pesados até peso constante.

Os resultados da análise imediata permite estimar o PSC da amostra. A Equação 3 foi obtida através da modelagem de diversas biomassas diferentes e considera as percentagens de carbono fixo (CF), materiais voláteis (MV) e cinzas (C) com erro absoluto de 3,74 % (FERREIRA et al., 2014).

$$PC_{(estimado)} = 84,5104X(\% CF) + 37,2601X(\% MV) - 1,8642X(\% C) \quad (3)$$

Onde,

CF = carbono fixo

MV = Materiais voláteis

C = Cinzas

4.3.6 Determinação de poder calorífico superior experimental

O poder calorífico das amostras de casca de banana foi determinado através de bomba calorimétrica IKA C 5001 Werke. O equipamento é composto de um cadinho, onde uma quantidade conhecida de amostra é pesada e colocada em um copo isolado, onde ocorre a queima da amostra com adição de oxigênio e circulação de água.

A determinação do poder calorífico da amostra é relacionada ao aumento da temperatura da água circulante durante a queima da amostra. A determinação do poder calorífico das amostras seguiu as instruções das normas DIN 51900 e ISO 1928 (JANSSEN, 2009; NEDERLANDS NORMALISATIE-ISTITUUT, 1995).

Foi pesado aproximadamente 0,5 g de cada uma das amostras (previamente secas em estufa a 105 °C e trituradas em moinho analítico modelo A11 basic mill IKA) em cadinho próprio do equipamento, em duplicata. O cadinho contendo a amostra foi colocado dentro da bomba calorimétrica e um fio de algodão com poder calorífico conhecido foi utilizado para proporcionar a ignição. A bomba calorimétrica foi lacrada e acoplada ao equipamento que mergulha a bomba em um tanque com água. O equipamento injeta uma quantidade conhecida de oxigênio na bomba e inicia a ignição da amostra através de corrente elétrica aplicada ao fio de algodão que está em contato com a amostra. A elevação da temperatura da água do tanque onde está a bomba calorimétrica foi registrada pelo equipamento que converteu esta informação em Kcal kg^{-1} .

As análises de poder calorífico superior foram realizadas em duplicata e com a amostra totalmente seca. Este valor do poder calorífico superior da amostra seca foi utilizado para estimar o poder calorífico em umidades superiores a zero.

4.3.8 Determinação de minerais nas cinzas e cascas de banana

As amostras foram destinadas ao Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos – CEPPA para a realização das análises dos metais presentes nas três amostras de cascas de banana liofilizadas através de espectrometria de emissão atômica por plasma acoplado indutivamente ICP - OES. Foram determinadas as concentrações dos seguintes elementos: alumínio, antimônio, arsênio, bário, berílio, boro, cádmio, cálcio, chumbo, cobalto, cobre, cromo, estanho, estrôncio,

ferro, fósforo, lítio, magnésio, manganês, mercúrio, molibdênio, níquel, potássio, selênio, sódio, vanádio e zinco. Os resultados foram expressos em mg kg^{-1} e em g kg^{-1} de amostra.

Já nas cinzas das cascas, foram determinados somente os elementos encontrados nas cascas (Ca, Ba, K, P, Sr, Mg, Mn, Cu, Zn, Al e Fe) também por espectrometria de emissão atômica por plasma acoplado indutivamente ICP – OES, no LACAUT – Laboratório de análise de combustíveis automotivos, localizado nas usinas piloto do campus Politécnico da Universidade Federal do Paraná.

Minerais nas cascas e cinzas de cascas foram determinadas conforme descrito pelo método 999.10 publicado na 18^a edição da AOAC (2005).

4.3.10 Análise Estatística

Todos os ensaios foram realizados no mínimo, em duplicata. Os resultados foram expressos com médias e desvio padrão. As médias foram comparadas por ANOVA e teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 DETERMINAÇÃO DO GRAU DE MATURAÇÃO DAS AMOSTRAS

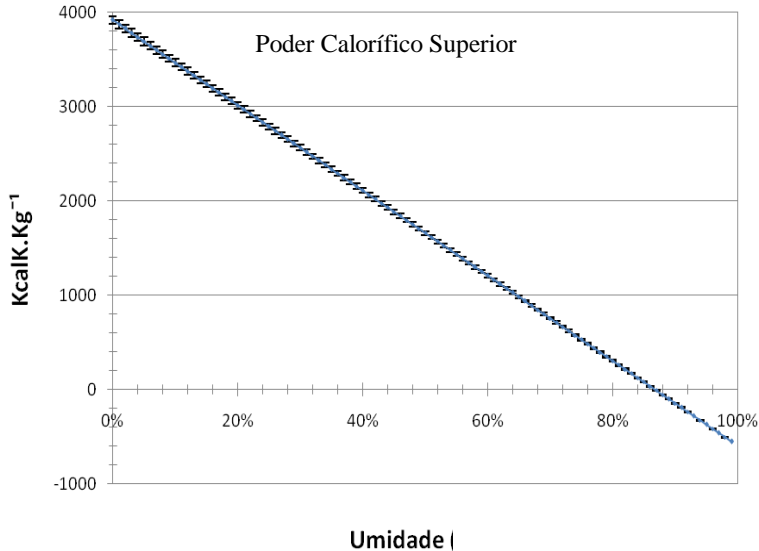
A homogeneidade das amostras foi atingida mediante às determinações do sólidos solúveis (°BRIX) e da firmeza inferindo o grau de maturação destas. De acordo com parâmetros de firmeza e sólidos solúveis estabelecidos por Liew e Lau (2012), os resultados de sólidos solúveis e firmeza dos frutos coletados nas três amostras indicam que estas se encontram entre os graus de maturação cinco e sete.

5.3 PODER CALORÍFICO SUPERIOR DAS CASCAS DE BANANA

Biomassas com umidade de até 50 % em base úmida não queimem antes de um tratamento prévio. Este tratamento pode ser a evaporação natural, onde o material irá secar até entrar em equilíbrio com a umidade relativa ambiente (VASSILEV et al., 2015). No caso das amostras de casca de banana, com umidade inicial superior a 80 %, é necessário um tratamento prévio objetivando a diminuição do teor de umidade para alcançar valores próximos para que o poder calorífico superior (PCS) viabilize sua utilização.

A Figura 7 ilustra o PCS versus a umidade das cascas de banana. Os valores ilustrados correspondem a média das três amostras coletadas.

Figura 7 - Representação gráfica do poder calorífico inferior versus umidade das amostras de casca de banana.



Fonte: acervo da autora.

A PCS das amostras de cascas de banana, próximos de 4.000 Kcal kg⁻¹ pode ser comparado com outras matérias primas utilizadas para produção de energia, como é o caso do carvão. No Estado de Santa Catarina, os carvões utilizados apresentam um PCS médio de 2750 Kcal kg⁻¹, com um teor de cinzas em torno de 60 %, elevado se comparado ao teor de cinzas resultante da queima das cascas de banana, próximo de 10 % (Tabela 6). Em relação à aplicação das cinzas resultantes da queima do carvão, entretanto, a sua utilização na indústria cimenteira permite resolver o problema de sua disposição final (RODRIGO et al., 2011), o que ainda é um desafio para as cinzas resultantes da queima de resíduos vegetais.

Tabela 6 – Resultado da análise imediata das amostras de cascas de banana (%).

	VOLÁTEIS		CARBONO FIXO		CINZAS	
Média	65,68 ±	2,73	26,12 ±	0,45	9,87 ±	0,28

Fonte: acervo da autora.

Os valores da análise imediata serviram de base para estimar o PCS das amostras de cascas de banana e já foram pesquisados por vários autores (VARGAS-MORENO et al., 2012).

Outra forma de estimar teoricamente o PCS de um material é através da análise elementar, onde são estimados Carbono, Hidrogênio, Oxigênio, Enxofre e Nitrogênio (MOTGHARE et al., 2015; VARGAS-MORENO et al., 2012). O PCS é proporcional a estes elementos que também são a base de carboidratos que fornecem 4 cal g^{-1} , responsáveis pelo aumento do PCS (DAMODARAN et al., 2010). Desta forma, é importante o conhecimento da quantidade de sólidos solúveis que pode ser perdida juntamente com o líquido resultante do processamento das cascas de banana. A determinação do PCS das amostras por análise elementar não foi realizada nesta pesquisa.

O líquido filtrado através das amostras de cascas de banana moídas para o descarte apresentou uma média de $6,7 \pm 0,1$ % de sólidos solúveis, sendo que as amostras são iguais através de análise de variância. É importante verificar que, com um processamento mais brando destas cascas, como o corte em frações de até 1 cm^2 não ocorre a exsudação deste líquido e consequentemente a perda de sólidos solúveis, diretamente relacionados aos açúcares da amostra.

Desta forma, os carboidratos, que são perdidos através da moagem, seriam preservados nas cascas, possivelmente, aumentando o PCS.

Embora um dos grupos de compostos mais abundante da casca da banana seja o dos carboidratos, como pode ser observado na Tabela 7, apenas uma parte deles é convertida a açúcares no decorrer da maturação do fruto. Nas cascas, a percentagem de açúcares é de $2,25 \pm 0,27$ (%), assim os demais podem estar na forma de outros carboidratos complexos.

Tabela 7 – Composição centesimal das amostras de cascas de banana em base seca (g em 100g) comparada com outros autores.

Composição	Média	± DP	Mohapatra, Mishra e Sutar (2010)	Nagarajaiah e Prakash (2011)	Emaga et al. (2007)	Gondim et al. (2005)
UMIDADE	86,88	0,53	83,50	88,90	91,10	89,47
EXTRATO ETÉREO	6,40	0,23	10,30	6,20	5,80	9,40
CINZAS	11,27	0,09		12,90	11,10	9,02
PROTEÍNAS	8,10	1,01	10,91	6,70	6,60	16,05
FAT	38,22	1,33				
CARBOIDRATOS	36,01	1,29		26,40		46,63

Fonte: Acervo da autora e adaptação de Gondim et al. (2005); Emaga et al. (2007); Mohapatra, Mishra e Sutar (2010); Nagarajaiah e Prakash (2011).

Não houve diferença significativa nas determinações de fibras, carboidratos, umidade, resíduo mineral fixo (cinzas) e extrato etéreo entre as três amostras através de análise de variância exceto em relação à determinação de proteínas.

As diferenças observadas entre os valores obtidos neste experimento e os valores apresentados pelos autores Gondim et al. (2005); Emaga et al. (2007); Mohapatra, Mishra e Sutar (2010); Nagarajaiah e Prakash (2011) podem ser ocasionadas por diferentes graus de maturação, solo e condições climáticas.

O teor de umidade é outra informação relevante apresentada na Tabela 7. É conhecida a influência negativa do teor de umidade no PCS da biomassa uma vez que é consumida uma quantidade de calor para liberação da água em forma de vapor (AL-SHEMMERI; YEDLA; WARDLE, 2015; ANWAR; GULFRAZ; IRSHAD, 2014; DEMIRBAS, 2004, 2005; EROL; HAYKIRI-ACMA; KÜÇÜKBAYRAK, 2010; VARGAS-MORENO et al., 2012). Esta limitação é comum a outras biomassas já utilizadas para produção de energia, como bagaço de banana e casca de arroz (ANWAR; GULFRAZ; IRSHAD, 2014; ARVANITOYANNIS; VARZAKAS, 2002; MOTGHARE et al., 2015; VAN DYK et al., 2013).

Em um estudo relacionando 86 diferentes biomassas, o maior valor de umidade encontrado foi de 62,9 %, ainda este valor é inferior aos valores médios encontrados nas amostras de casca de banana, que

apresentaram uma média de 86,88 % de umidade (VASSILEV et al., 2010a).

A utilização de uma biomassa como combustível requer que a mesma seja desidratada, o que pode demorar até 24 meses dependendo da umidade inicial e características climáticas locais além das características do próprio resíduo. A madeira, utilizada comercialmente como fonte de energia tem um conteúdo médio de 20 % de umidade, porém, no caso de biomassas é importante que o teor de umidade em base úmida seja inferior a 60 % (AL-SHEMMERI; YEDLA; WARDLE, 2015).

5.4 CARACTERIZAÇÃO MINERAL DAS CASCAS E CINZAS DE CASCAS DE BANANA

No aproveitamento das cinzas resultantes da queima de cascas de banana deve-se prever que muitos dos elementos encontrados nas amostras serão volatilizados, por isso, antes de propor o seu uso como combustível em caldeiras é importante garantir que esta aplicação não represente uma fonte de contaminação do ar. Nas amostras de cascas de banana não foram encontradas quantidades limitantes de nenhum metal pesado que poderia ser volatilizado na queima, como ilustrado na Tabela 8.

Experimentalmente, não foi observada uma perda por volatilização do elemento potássio, que, ao contrário, apresentou um aumento de cerca de 10 vezes na sua concentração nas cinzas comparado com sua concentração nas cascas passando de uma média de 33.221,54 mg kg⁻¹ para uma média de 336.048,83 mg kg⁻¹ nas cinzas das cascas. Já o elemento bário teve um decréscimo de aproximadamente 80 % na calcinação das amostras, único elemento onde foi possível detectar a diminuição da concentração. Nas cascas sua concentração era de 29,06 mg kg⁻¹ e nas cinzas de 5,79 mg kg⁻¹.

A Tabela 8 ilustra um comparativo entre as concentrações médias dos elementos determinados nas três amostras de cascas e cinzas das cascas proporcionalmente, considerando a soma dos elementos como 100 %.

Tabela 8 — Média da composição dos elementos determinados nas cascas liofilizadas e nas cinzas das cascas e suas proporções.

Elementos	CASCAS				CINZAS			
	Média 3 amostras	± DP	Proporção	± DP	Média 3 amostras	± DP	Proporção	± DP
	mg kg ⁻¹ de cascas de banana liofilizada				mg kg ⁻¹ de cinzas de cascas de banana			
Ca	1632,61	209,95	4,21%	0,54%	4117,20	91,48	1,13%	0,03%
Ba	29,06	2,33	0,07%	0,01%	5,79	0,13	0,00%	0,00%
Sr	17,22	3,41	0,04%	0,01%	144,66	2,99	0,04%	0,00%
P	2259,65	263,38	5,83%	0,68%	18633,47	705,7	5,11%	0,19%
Mg	1525,59	93,94	3,93%	0,24%	3594,74	213,7	0,99%	0,06%
Mn	55,56	2,98	0,14%	0,01%	410,84	12,19	0,11%	0,00%
Cu	4,02	0,02	0,01%	0,00%	25,54	2,54	0,01%	0,00%
Zn	15,61	3,19	0,04%	0,01%	124,66	4,52	0,03%	0,00%
Al	7,04	0,43	0,02%	0,01%	893,90	147,5	0,25%	0,04%
K	33221,54	554,73	85,67%	1,43%	336048,83	1140	92,20%	3,13%
Fe	11,86	1,18	0,03%	0,00%	484,91	25,00	0,13%	0,01%

Fonte: Acervo da autora.

Os elementos encontrados nas cascas somam em média 364,50 g em um quilograma de amostra, o que representa, em média, 36,5 % da amostra, destes, em média $92,20 \pm 3,13$ % são compostos por potássio ou 336,07 g. Esta quantidade de potássio sugere a possibilidade de sua aplicação como substituto de sal (NaCl).

Além do potássio, outros elementos estão presentes nas cinzas e, segundo as determinações realizadas nestas cinzas, 88,45 % são solúveis em água.

Alguns elementos minerais podem ser essenciais no organismo em quantidade-traço, porém, em certos níveis são potencialmente tóxicos. O chumbo, mercúrio e também o cádmio, mesmo em concentrações extremamente baixas são tóxicos ao organismo e sua presença limita a aplicação de qualquer resíduo na alimentação humana e animal. Existe, entretanto, uma ingestão máxima tolerada destes elementos. O JECFA (*Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives*) é o comitê científico internacional de especialistas em aditivos alimentares administrado pela FAO e pela OMS e estabelece como ingestão máxima tolerável de cádmio, chumbo e mercúrio de $7 \mu\text{g kg}^{-1}$, $25 \mu\text{g kg}^{-1}$ e $5 \mu\text{g kg}^{-1}$ de peso corpóreo de consumo semanal, respectivamente.

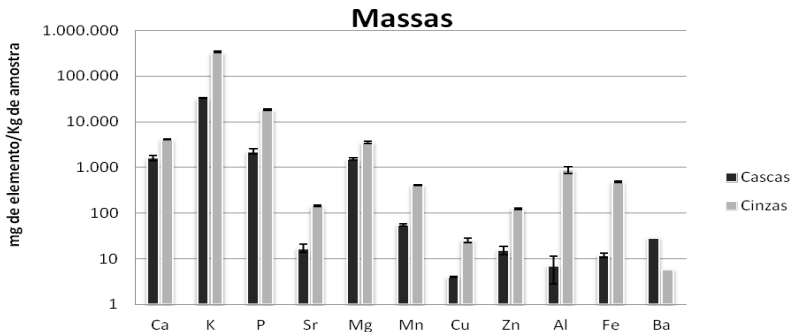
As recomendações nutricionais são divididas em RDA (*Recommended Dietary Allowance*), EAR (*Estimated Average Requirement*), AI (*Adequate Intake*) e UL (*Tolerable Upper Intake Level*).

As concentrações de alumínio nas cascas e cinzas de cascas nas amostras coletadas foi de $7,04 \text{ mg kg}^{-1} \pm 0,43$ e $893,90 \pm 147,52 \text{ mg kg}^{-1}$, respectivamente. A FAO orienta como tolerável o consumo semanal de 2 mg kg^{-1} corporal (OSKARSSON, 2015). Considerando uma pessoa adulta de 60 kg, o consumo tolerável seria de $17,14 \text{ mg dia}^{-1}$. As amostras de cinzas contém uma média de $894,90 \text{ mg kg}^{-1}$ de alumínio, entretanto, no caso do consumo destas cinzas como um substituto do sal (NaCl), estas seriam utilizadas em uma proporção de 50 %, segundo determinação apresentada pela Portaria nº 54/MS/SNVS, de 4 de julho de 1995 (BRASIL, 1995), que aprova o Padrão de identidade a Qualidade para Sal Hipossódico. Na primeira categoria de sal hipossódico, este deve conter até no Máximo, 50 % do sódio presente no sal convencional. Sendo o consumo recomendado pela Organização Mundial de Saúde de 5 g de sal por dia, todos os elementos presentes nas cinzas estariam abaixo dos limites máximos recomendados, inclusive o alumínio.

Arsênio e alumínio também podem ser considerados elementos tóxicos, sendo o arsênio, na forma de arsenito (As^{3+}) a forma mais tóxica devido às ligações com proteínas que dificultam a sua excreção pelo organismo. Já o alumínio é um elemento mais facilmente excretável em populações saudáveis, porém indivíduos com a capacidade renal prejudicada podem apresentar dificuldade de excreção deste elemento (COZZOLINO, 2007).

O cádmio é utilizado industrialmente em pigmentos, baterias e pode estar presente como contaminante em fertilizantes. Quando no solo, o elemento migra muito facilmente para as plantas, assim, vegetais e cereais apresentam a fonte mais significativa de cádmio nas dietas. No caso do chumbo, dificilmente ocorre a absorção através do metabolismo das plantas e sim pela deposição na superfície das mesmas derivado de poluição atmosférica (COZZOLINO, 2007) entretanto estes elementos não foram detectados nas amostras analisadas de cinzas ou cascas de bananas estudadas neste trabalho, que são orgânicas.

Figura 8 - Composição mineral das amostras de cascas de banana em mg kg^{-1} .



Fonte: Acervo da autora.

Dos elementos determinados nas três amostras de cascas coletadas, apenas estrôncio, cobre e potássio não apresentaram diferença significativa entre as amostras através de análise de variância anova. Já nas cinzas das cascas, todos os elementos determinados (Ca, Cu, Fe, Mg, Mn, P, Zn, Sr, K e Ba) apresentaram resultados estatisticamente iguais através de análise de variância. A realização de três coletas (constituindo as três amostras utilizadas neste trabalho) buscou aumentar a representatividade.

O bário, encontrado nas três amostras de cascas de banana pode causar intoxicação renal, hipertensão, mal funcionamento cardíaco. Ele funciona, bioquimicamente, como um antagonista do potássio, prejudicando o funcionamento da bomba de sódio e potássio. O bário pode estar presente no solo em concentrações bastante variadas entre 10 e 5000 mg kg⁻¹. A insolubilidade deste elemento, entretanto, dificulta sua mobilidade. No Brasil nas castanhas-do-pará é encontrada uma concentração elevada de bário 1500 a 3000 mg kg⁻¹, enquanto a recomendação de consumo diário é estimada entre 6 a 10 µg por kg de peso. Considerando um adulto (60 kg), 0,6 – 1,0 mg dia⁻¹ (OSKARSSON, 2015). Seguindo a recomendação de consumo de 5 g de sal por dia e a utilização da cinza em 50 % deste sal, então a concentração de bário neste sal seria de 0,014 mg em 5 g de sal, o que não representa um risco ao seu consumo. Foi o único elemento que apresentou decréscimo em sua concentração nas cinzas em comparação com sua concentração nas cascas de banana.

O elemento estrôncio apresenta $17,22 \pm 3,41$ mg kg⁻¹ e $144,66 \pm 2,99$ mg kg⁻¹ nas amostras de cascas e cinzas respectivamente, tem importância na formação da estrutura óssea, porém, dependendo da quantidade ingerida pode ter efeito negativo ao organismo. Nas amostras de cinzas, a média de estrôncio determinada nas amostras foi de 144,66 mg kg⁻¹, o que representa 0,36 mg em 2,5 g no caso de aplicação como substituto de sal a 50 % (WHO, 2010).

O manganês apresentou concentrações de $55,56 \pm 2,98$ e $410,84 \pm 12,19$ mg kg⁻¹ nas amostras de cascas e cinzas de cascas respectivamente. Em um estudo comparativo entre oito biomassas, a média de Mn encontrada foi de 1862 mg kg⁻¹, acima dos valores encontrados nas amostras de casca de banana estudadas. Este nutriente é essencial no metabolismo de aminoácidos e na formação dos ossos. Sua deficiência está relacionada a prejuízos no crescimento e na função reprodutora além da deficiência no metabolismo de carboidratos e lipídeos. Há indícios de que o manganês utilize o mesmo metabolismo do ferro e cobalto, sendo sua absorção prejudicada pela presença destes elementos. A ingestão adequada (IA) de manganês é de 1,8 a 2,3 mg dia⁻¹ para adultos (COZZOLINO, 2007; VASSILEV et al., 2013b).

Assim como muitos minerais, o cobre também possui importantes funções orgânicas, mas, como elemento-traço. Em quantidades elevadas pode ser tóxico. A recomendação de ingestão diária para adultos é de 1,2 mg dia⁻¹ e o limite de ingestão é de 10 mg dia⁻¹ (COZZOLINO, 2007; IOM, 2000; OSKARSSON, 2015). As amostras de casca de banana e

cinzas de cascas de banana apresentaram resultados de $4,02 \pm 0,02 \text{ mg kg}^{-1}$ e $25,54 \pm 2,54 \text{ mg kg}^{-1}$, respectivamente.

Outro elemento-traço que desempenha importantes funções no organismo é o zinco, essencial para atividade de mais de 300 enzimas e também presente nas amostras de casca e cinzas de casca de banana. Alguns países regulamentam as concentrações deste elemento nas biomassas, porém, segundo Vassilev et al. (2010) mais estudos são necessários para estabelecer as condições de uso de biomassas e as concentrações de elementos-traço em sua composição. Ainda, segundo Vassilev et al. (2013), um estudo relacionando oito diferentes biomassas resultou em uma concentração média de 366 mg kg^{-1} de zinco. Nas amostras estudadas de cascas de banana, a média de zinco encontrada foi de $15,61 \pm 3,19 \text{ mg kg}^{-1}$, já nas cinzas das cascas a média encontrada aumentou para $124,66 \pm 4,52 \text{ mg kg}^{-1}$. As recomendações de ingestão diária variam de 6,8 a 11 mg dia^{-1} para adultos em estado fisiológico normal (COZZOLINO, 2007; IOM, 2000; OSKARSSON, 2015). As concentrações de zinco nas amostras de cinzas demonstram que, no caso de utilização destas cinzas como substitutos de sal, os valores de zinco encontrados estariam abaixo das recomendações de ingestão diária.

O elemento ferro também foi encontrado nas amostras de casca e cinzas de casca nas concentrações de $11,86 \pm 1,18 \text{ mg kg}^{-1}$ e $484,91 \pm 25,00 \text{ mg kg}^{-1}$ respectivamente. A deficiência de ferro é a maior doença causada por deficiência de micronutrientes no mundo, atingindo cerca de 3 bilhões de indivíduos. A presença de ferro em excesso, entretanto, diminui a absorção de outros nutrientes como cobalto, níquel, manganês, zinco e cádmio. A recomendação de ingestão de ferro varia de 5 a 18 mg dia^{-1} em adultos mas aumenta para 27 mg dia^{-1} em gestantes (COZZOLINO, 2007; IOM, 2000; OSKARSSON, 2015). O consumo de $2,5 \text{ g dia}^{-1}$ representa 6,7 a 24 % da necessidade diária deste elemento.

Os elementos presentes em maiores quantidades nas amostras de cascas de banana são cálcio, fósforo, magnésio e potássio (Figura 8).

O potássio é também o mineral mais abundante no fruto da banana. Possui importante função na transmissão neural. Entretanto, o consumo deve ser limitado a $4,7 \text{ g dia}^{-1}$ visto que um excesso de potássio pode provocar reações adversas no organismo como hipercalemia, o que geralmente ocorre em indivíduos que têm a função excretora de potássio prejudicada, a Organização Mundial de Saúde, entretanto, não estabelece limites para o consumo de potássio. Ainda assim, o consumo de um sal, derivado das cinzas das cascas de banana ficaria abaixo deste limite, visto que o limite de consumo de sal é de 5 g

dia⁻¹ (COZZOLINO, 2007; IOM, 2000; OSKARSSON, 2015, WHO, 2012). Minerais orgânicos, como cálcio estão presentes na planta em forma de oxalatos. Na planta, estes biominerais são o produto final do seu metabolismo. Dessa forma, as concentrações de cálcio em biomassas provenientes de resíduos agrícolas são relativamente altas (VASSILEV et al., 2012b).

No organismo humano, o cálcio é o mineral mais abundante, responsável por até 2 % do peso corporal. Embora grande parte do cálcio no organismo esteja presente nos ossos, 0,6 % deste é encontrada em tecidos moles, exercendo outras funções. A ingestão adequada de cálcio recomendada para adultos varia de 1000 a 1300 mg dia⁻¹ e o limite tolerável é de 2500 mg dia⁻¹. No Brasil a ingestão de cálcio diária está abaixo destes níveis recomendados, variando entre 300 e 500 mg dia⁻¹ (COZZOLINO, 2007).

As amostras de cascas e cinzas das cascas de banana apresentaram uma media de 1632,61 ± 209,95 mg kg⁻¹ e 4117,20 ± 91,48 mg kg⁻¹ de cálcio, respectivamente.

O fósforo encontrado em biomassas de plantas normalmente está como fosfatos, em pequenas quantidades (VASSILEV; VASSILEVA; VASSILEV, 2015; VASSILEV et al., 2010b, 2012b). A ingestão dietética estimada (RDA) para adultos é de 700 mg dia⁻¹, enquanto que o limite de ingestão diário em adultos é de 4,0 g dia⁻¹ (COZZOLINO, 2007; IOM, 2000; MILLER, 1989). Nas amostras de cascas de banana e cinzas de cascas de banana foram encontrados 2259,65 ± 263,38 mg kg⁻¹ e 18633,47 ± 705,73 mg kg⁻¹. O uso destas cinzas como substitutos parciais (25 %) de NaCl resultaria em 46, 58 mg kg⁻¹, abaixo do limite de ingestão diário.

O magnésio, também encontrado nas amostras de casca de banana, é outro importante elemento para o transporte de minerais no organismo. A recomendação diária de ingestão de magnésio depende muito da idade do indivíduo adulto variando entre 240 até 420 mg dia⁻¹ para homens (COZZOLINO, 2007; IOM, 2000) enquanto as amostras de cascas e cinzas de cascas de banana apresentaram 1525,59 ± 93,94 mg kg⁻¹ e 3594,74 ± 213,74 mg kg⁻¹, respectivamente.

A Tabela 9 compara estes limites (em mg kg⁻¹) aos valores encontrados na determinações destes elementos nas cinzas das cascas de banana.

Tabela 9 – Limites de cálcio, magnésio e sulfatos em sal para consumo humano estabelecidos pelo Decreto nº 75697, de 06 de maio de 1975 comparados com os valores médios encontrados nas três amostras pesquisadas de cinzas de cascas de banana.

Elementos	Limites (mg kg ⁻¹)	Cinzas de casca de banana (mg kg ⁻¹)	
Calcio	700	4.117,20	± 91,48
Magnésio	500	3.594,74	± 213,74
Sulfatos	2100	2.700	± 1.100

Fonte: Decreto nº 75697, de 06 de maio de 1975 (BRASIL, 1975) e a autora.

Já segundo a Portaria nº 54/MS/SNVS, de 4 de julho de 1995, que aprova o Padrão de identidade a Qualidade para Sal Hipossódico define duas categorias de sal hipossódico. São elas:

Sal com reduzido teor de sódio, onde o sal hipossódico que fornece 50 %, no máximo, do teor de sódio contido na mesma quantidade de cloreto de sódio.

Sal para dieta com restrição de sódio onde o sal hipossódico que fornece 20 %, no máximo, do teor de sódio contido na mesma quantidade de cloreto de sódio (BRASIL, 1995).

A mesma portaria estabelece limites para o teor de fósforo (P), que não pode exceder a 4 % (m/m) (BRASIL, 1995).

Pode ser observado através das Tabela 9 que, embora as cinzas das cascas atendam os limites estabelecidos na legislação para fósforo, o cálcio, magnésio e sulfatos se encontram acima dos limites estabelecidos pela portaria. Se utilizado como substituinte em 50 % do NaCl, os valores de cálcio e magnésio estariam acima dos limites estabelecidos, ainda que não estivessem acima do limite de ingestão diária recomendado pela OMS.

Além da utilização das cinzas de casca de banana como sucedâneo de sal na alimentação humana, existe também uma forte demanda para a alimentação animal. Estima-se que entre 20 e 30 % do custo total da produção de gado de corte criado em pastagens no Brasil seja devido à suplementação mineral. Em relação ao fósforo, elemento

deficiente em grande parte do território de pastagens no país, pode ser necessária a suplementação de até 6 gramas por dia (PEIXOTO et al., 2005).

Na alimentação animal, assim como na humana, os elementos minerais cálcio e fósforo, têm participação como componentes estruturais dos tecidos corporais, junto com sódio e cloro, atuam no equilíbrio da pressão osmótica e permeabilidade das membranas. Já o cobre e manganês atuam como ativadores em processos enzimáticos. Além do manganês, o zinco também participa da estrutura de metaloenzimas e o cobalto de vitaminas. Os elementos Ca, P, Mg, K, Na, Cl, S, demandados em quantidades maiores são denominados macro nutrientes, enquanto Fe, Co, Cu, I, Mn, Zn e Se necessários apenas em pequenas quantidades são denominados elementos-traço (COZZOLINO, 2007; TOKARNIA; DÖBEREINER; PEIXOTO, 2000)

Em relação às demandas na dieta de ruminantes, são necessários 60 g de potássio para cada kg de matéria seca. É importante ressaltar que a necessidades de suplementação de minerais para ruminantes em pastagens depende da disponibilidade destes nutrientes na própria forragem.

Muitos dos elementos demandados pelos bovinos de corte estão também presentes nas cinzas das cascas de banana; assim, este resíduo pode ser estudado como um complemento aos mix minerais utilizados na suplementação mineral.

Os sulfatos, cloretos e fosfatos não são encontrados em altas concentrações em biomassas vegetais (VASSILEV et al., 2012b), entretanto, aparecem em pequenas quantidades, o que pode ser observado pelas percentagens presentes nas amostras um, dois e três apresentadas na Tabela 10.

Na determinação de fósforo das amostras de cinzas foram encontrados $18.633,47 \text{ mg kg}^{-1} \pm 705,73$, enquanto na determinação de fosfatos destas mesmas amostras foi uma média de 8.000 mg kg^{-1} . Esta diferença pode ser explicada pela possibilidade do fósforo encontrado nas amostras não estar todo como fosfatos, mas em outras formas.

Tabela 10 - Sulfatos, cloretos e fosfatos das amostras 1, 2 e 3 de cinzas de casca de banana.

Média das coletas	Sulfatos em Sulfato de Sódio (%)		cloretos em cloreto de sódio (%)		Fosfatos (%)	
1	0,17 ±	0,01	4,68 ±	0,13	0,73 ±	0,02
2	0,28 ±	0,21	4,49 ±	0,41	0,78 ±	0,01
3	0,38 ±	0,17	4,30 ±	0,13	0,90 ±	0,06

Fonte: acervo da autora.

A alcalinidade das cinzas também influencia nas possíveis aplicações deste resíduo no solo. Cinzas muito alcalinas são prejudiciais no equilíbrio do pH do solo. Em geral, as frutas e vegetais resultam em cinzas alcalinas (CECCHI, 2003; DONG; KIRK; TRAN, 2014), o que foi observado nas determinações realizadas para as três amostras de cinzas de cascas de banana (Tabela 11).

Tabela 11 – Resultados das determinações de alcalinidade das cinzas, das cinzas insolúveis e solúveis das amostras 1, 2 e 3 de casca de banana.

Média das coletas	Alcalinidade das cinzas		Alcalinidade das cinzas insolúveis		Alcalinidade das cinzas solúveis	
meq.L ⁻¹						
1	95,81 ±	1,20	20,38 ±	0,91	76,22 ±	2,33
2	96,59 ±	0,02	18,21 ±	2,09	76,46 ±	2,40
3	95,83 ±	1,67	20,38 ±	0,45	70,81 ±	8,71

Fonte: acervo da autora.

Em geral, a fração solúvel em água das cinzas de biomassa apresentam sais alcalinos o que explica a alta alcalinidade das cinzas das amostras de casca de banana (VASSILEV et al., 2013b) observadas na Tabela 11.

Outro aspecto limitante para aplicação em solo é a solubilidade das cinzas em água (VASSILEV et al., 2010b). As cinzas das cascas de banana são quase que totalmente solúveis em água. As determinações de cinzas solúveis demonstraram que $88,41 \pm 2,38$ % das cinzas são solúveis em água.

Também foram determinadas as solubilidades das cinzas em ácido clorídrico a 10 % onde foi observada uma solubilidade ainda maior do que em água, com uma média de $98,60 \pm 0,73$ %.

6 CONCLUSÃO

O poder calorífico superior das cascas de banana estudadas apresentou um resultado próximo de $4.000 \text{ kcal kg}^{-1}$, entretanto, a elevada umidade das cascas de banana, verificada através da determinação da composição centesimal das amostras de cascas de banana, limita a sua aplicação como fonte de energia, pelo menos na forma fresca.

Para viabilização do uso das cascas de banana como fonte de energia, é necessária uma secagem previa.

As cinzas das cascas de banana, resultantes da queima apresentaram um teor de potássio de $336048,83 \text{ mg kg}^{-1}$. Este valor representa mais de 92 % dos elementos minerais encontrados nas amostras. As determinações minerais das cinzas das cascas de banana demonstraram a ausência de sódio. Estas características configuram as cinzas como um potencial substituto de sódio em alimentos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALENCAR, M. L. A. **Dieta hipossódica: modificações culinárias em preparações e a aceitação por indivíduos hospitalizados**. 2011. 204 f. Dissertação (Mestrado em Nutrição). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

ALFARO, E. D. F. **Estudos da utilização da cinza de casca de arroz como carga em matriz de polipropileno e do efeito da radiação ionizante sobre este composto**. 2010. 78 f. Dissertação (Mestrado em Ciências). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

ALIÑO, M.; FUENTES, A.; BARAT, J. M. Development of a low-sodium ready-to-eat desalted cod. **Journal of Food Engineering**, v. 107, p. 304–310, 2011.

ALKARKHI, A. F. M.; SHIN, Y.; MAT, A. Comparing physicochemical properties of banana pulp and peel flours prepared from green and ripe fruits. **Food Chemistry**, v. 129, n. 2, p. 312–318, 2011.

AL-SHEMMERI, T. T.; YEDLA, R.; WARDLE, D. Thermal characteristics of various biomass fuels in a small scale biomass combustor. **Applied Thermal Engineering**, v. 85, p. 243–251, 2015.

ALVES, E. J. **A cultura da banana, aspectos técnicos, socioeconômicos e agroindustriais**. 2^o. ed. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Brasília, 1999. p. 585p

ANWAR, Z.; GULFRAZ, M.; IRSHAD, M. Agro-industrial lignocellulosic biomass a key to unlock the future bio-energy: a brief review. **Journal of Radiation Research and Applied Sciences**, v. 7, n. 2, p. 163–173, abr. 2014.

AOAC. **Official Methods of Analysis** (18th ed). Gaithersburg, MD: Association of Official Analytical Chemists, 2006.

AOAC. **Official Methods of Analysis** (17th ed). Gaithersburg, MD: Association of Official Analytical Chemists, 2000.

ARAÚJO, Í. B. D. S. **Otimização do uso de “sal de ervas” e cloreto de potássio na substituição parcial do cloreto de sódio em corte e em linguça de frango.** 2012. 119 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Agroalimentar). Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2012.

ARVANITTOYANNIS, I. S.; VARZAKAS, T. H. **Vegetable waste management: treatment methods and potential uses of treated waste.** [s.l.] Elsevier Inc., 2008. p. 703–761

ARVANITTOYANNIS, I. S.; VARZAKAS, T. H. Fruit / Fruit Juice Waste Management: Treatment Methods Treated Waste. *In: Waste Management for the Food Industries.* [s.l.: s.n.]. Elsevier Inc., 2008. p. 569–619.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D-1762 - 84: Standard test method for chemical analysis of wood charcoal.** PA: American Society for Testing and Materials. West Conshohocken, 2013.

AUORE, G.; PARFAIT, B.; FAHRASMANE, L. Bananas , raw materials for making processed food products. **Food science & technology**, v. 20, p. 78 – 91, 2009.

AUSTRALIAN GOVERNMENT. **Nutrient Reference Values for Australia and New Zealand.** Canberra. p. 317. Australian Government, 2005.

BARROS, I. et al. Emery evaluation and economic performance of banana cropping systems in Guadeloupe (French West Indies). **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 129, p. 437–449, 2009.

BERTIN, R.L. **Prospecção para exploração da erva de sal (*Sarcocornia ambigua* - *Amaranthaceae*): Análise histológica, caracterização química, valor nutricional e potencial antioxidante.** 2014. 144p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Programa de Pós Graduação em Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.

BILBA, K.; ARSENE, M.; OUENSANGA, A. Study of banana and coconut W bers botanical composition , thermal degradation and textural observations. **Bioresource Technology**, v. 98, p. 58–68, 2007.

BITTENCOURT, J.; QUEIROZ, M. R. D. E.; NEBRA, S. A. Avaliação econômica da elaboração de banana-passa proveniente de cultivo orgânico e convencional. **Engenharia Agrícola Jaboticabal**, v. 42, n. 2, p. 473–483, 2004.

InterAcademy Council. **Um futuro com energia sustentável: iluminando o caminho**. Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, FAPESP; Academia Brasileira de Ciências, 2010. 300 p. : il

BORDOLOI, S.; NATH, S. K.; DUTTA, R. K. Iron ion removal from groundwater using banana ash, carbonates and bicarbonates of Na and K, and their mixtures. **Desalination**, v. 281, p. 190–198, out. 2011.

BRASIL. **RDC 18 de 28 de abril de 2010. alimentos para atletas**. Agência Nacional de Vigilância Sanitária, D.O.U. - Diário Oficial da União. Brasil, 2010.

BRASIL. **Decreto nº 75697, de 06 de maio de 1975**. D.O.U. - Diário Oficial da União. Brasil, 1975.

BRASIL. **Portaria nº 54/MS/SNVS, de 4 de julho de 1995**. Ministério da Saúde. Diário Oficial da União. Brasil, 1995.

BRASIL. **Plano de redução do sódio em alimentos processados**. Ministério da Saúde. Diário Oficial da União. Brasil, 2010a.

BRASIL. **Perfil nutricional dos alimentos processados**. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Diário Oficial da União. Brasil, 2010b.

BRASIL. **Programa de análise de resíduos de agrotóxicos em alimentos – nota técnica para divulgação dos resultados do Pará de 2009**. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Diário Oficial da União. Brasil, 2009.

BRASIL. **Estratégia nacional para a redução do consumo de sódio no Brasil**. Ministério da Saúde. Diário Oficial da União. Brasil, 2011.

CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**. 2ª Edição ed. Campinas/SP: [s.n.]. p. 206, 2007.

CERQUEIRA, T. S. **Fisiologia, bioquímica e conservação de bananas e goiabas sob altas concentrações de O₂ combinadas com CO₂ e N₂O**. 2012. 128 f. Tese (doutor em Ciências) Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

CESAR, F.; URBANO, A.; CARDOSO, R. L. Caracterização física e química de frutos de diferentes genótipos de bananeira. **Bragantia**, v. 63, n. 3, p. 315–323, 2004.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças - fisiologia e manuseio**. 1. ed. Lavras: ESAL, FAEPE, 1990. p. 293p

CHRYSANT, G. S.; BAKIR, S.; OPARIL, S. Dietary salt reduction in hypertension--what is the evidence and why is it still controversial? **Progress in cardiovascular diseases**, v. 42, n. 1, p. 23–38, 1999.

CLARKE, W. P. et al. Digestion of waste bananas to generate energy in Australia. **Waste management** . New York, v. 28, n. 3, p. 527–33, jan. 2008.

COLLINS, M. et al. An economic evaluation of salt reduction policies to reduce coronary heart disease in england: a policy modeling study. **Value in Health**, doi: 10.1016/j.jval.2014.03.1722. jun, 2014.

CORDEIRO, Z. J. M. **Sistema de produção de banana para o Estado do Pará**. Disponível em:
<<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Banana/BananaPara/colheita.htm>>. Acesso em: 16 jul. 2014.

CORDERO, T. et al. Predicting heating values of lignocellulosics and carbonaceous materials from proximate analysis. **Fuel**, v. 80, n. 11, p. 1567–1571, 2001.

COSTA, T. S. et al. Confirmada a esterificação de Fischer por meio dos aromas. **Química Nova**, v. 19, 2004.

COZZOLINO, S. M. F. **Biodisponibilidade de Nutrientes**. 2 Edição ed. Barueri Barueri: Manole, 2005. 878p.

DAMODARAN, S.; PARKING, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de Alimentos de Fennema**. 4 ed. ed. Porto Alegre: Artemed, 2010. p. 900

DEMIRBAS, A. Combustion characteristics of different biomass fuels. **Progress in Energy and Combustion Science**, v. 30, p. 219–230, 2004.

DEMIRBAS, A. Potential applications of renewable energy sources, biomass combustion problems in boiler power systems and combustion related environmental issues. **Progress in Energy and Combustion Science**, v. 31, n. 2, p. 171–192, jan. 2005.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG. **DIN 51900**: Determining the gross calorific value of solid and liquid fuels using the bomb calorimeter, and calculation of net calorific value. Berlim, 2000.

DIAS, G. Sal verde e mais saudável. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 28, n.1, p 29-31, 2015.

WAGNER INSTRUMENTS. Fruit Ripeness Tester. Fruit Test™ Ftx. p. 30–33, Greenwich, Londres.

DESMOND, E. Reducing salt: A challenge for the meat industry. **Meat science**, v. 74, n. 1, p. 188–96, set. 2006.

DITCHFIELD, C.; TADINI, C.C. Acompanhamento do processo de amadurecimento da banana nanicaõ (*Musa cavendishii* Lamb.) In: XVIII Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2002, Porto Alegre, RS. **Anais do XVIII CBCTA**. Porto Alegre: SBCTA, 2002. p.1629-1632

DONG, F.; KIRK, D. W.; TRAN, H. Biomass ash alkalinity reduction for land application via CO₂ from treated boiler flue gas. **Fuel**, v. 136, p. 208–218, 2014.

DUBOIS, M. et al. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical Chemistry**, v. 28, n. 3, p. 350–356, mar. 1956.

EL HADI, M. A. M. *et al.* Advances in fruit aroma volatile research. **Molecules**, v. 18, p. 8200–8229, 2013.

EMAGA, T. H. et al. Effects of the stage of maturation and varieties on the chemical composition of banana and plantain peels. **Food Chemistry**, v. 103, p. 590–600, 2007.

EMAGA, T. H.; AGNEESESENS, J. B. R.; WATHELET, A. B. B. Ripening influences banana and plantain peels composition and energy content. **Animal Health Production**, p. 1–24, 2007.

EROL, M.; HAYKIRI-ACMA, H.; KÜÇÜKBAYRAK, S. Calorific value estimation of biomass from their proximate analyses data. **Renewable Energy**, v. 35, n. 1, p. 170–173, 2010.

FENNER, J. N.; WRIGHT, L. E. Revisiting the strontium contribution of sea salt in the human diet. **Journal of Archaeological Science**, v. 44, p. 99–103, abr. 2014.

FEPAM. **DIRETRIZ TÉCNICA Nº 002/2011 – DIRTEC - Gestão de resíduos caracterizados como casca de arroz e cinzas resultantes do processo de queima da casca**. Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luís Roessler, Porto Alegre, 2011.

FERNANDES, E. R. K. et al. Thermochemical characterization of banana leaves as a potential energy source. **Energy Conversion and Management**, v. 75, p. 603–608, 2013.

FERREIRA, I. T. M. et al. Estimativa do potencial energético de resíduos celulósicos de fabricação de papel através de análise imediata. **Revista Brasileira de Energias Renováveis Estimativa**, v. 5, p. 284–297, 2014.

FERRI, V. C. et al. Ácido giberélico no retardamento da maturação de caquis (*Diospyrus kaki*, L.), CULTIVAR FUYU. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 24, n. 1, p. 1–5, 2004.

FOLEGATTI, M. I. S.; MATSUURA, F. C. A. U. **Processamento de banana**. Disponível em:
<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia40/AG01/arvore/AG01_47_41020068055.html>. Acesso em: 10 jul. 2014.

FOLETTI, E. L. et al. Aplicabilidade das cinzas da casca de arroz. **Química Nova**, v. 28, n. 6, p. 1055–1060, 2005.

FAO. **Intergovernmental group on bananas and tropical fruits.** Yaoundé, Cameroon: 2011

FAO. **Fight against Black Sigatoka must continue to save small Caribbean banana farms Contact.** Rome, 2013.

FAO. **Banana estaticistics 2011.** Rome: 2011

FSAI. **Salt and Health: Review of the scientific evidence and recommendations for public policy in Ireland.** Dublin: Food Safety Authority of Ireland, 2005. p. 32

GABHANE, J. et al. Pretreatment of banana agricultural waste for bio-ethanol production: individual and interactive effects of acid and alkali pretreatments with autoclaving, microwave heating and ultrasonication. **Waste management**, New York, v. 34, n. 2, p. 498–503, fev. 2014.

GALVIS-SÁNCHEZ, A. C. et al. Sea Salt. In: **Comprehensive Analytical Chemistry**. Sea Salt - Chapter 26. Porto, 2013. Elsevier Inc. v. 60p. 719–740.

GARRETT, R. **O acetato de etila ou etanoato de etila.** Disponível em: <[http://qnint.s bq.org.br/qni/popup_visualizarMolecula.php?id=at_kcplG5aA9vht3oW3ArG_LtyVZ1zVxdJhpDnfmwYpHhPNWxUiVhLIS008H2E-lPAwakxoIyrE7Gq_QRX7j5g==](http://qnint.s bq.org.br/qni/popup_visualizarMolecula.php?id=at_kcplG5aA9vht3oW3ArG_LtyVZ1zVxdJhpDnfmwYpHhPNWxUiVhLIS008H2E-lPAwakxoIyrE7Gq_QRX7j5g==>)>. Acesso em: 24 jun. 2014.

GONDIM, J. A. M. et al. Composição centesimal e de minerais em cascas de frutas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 4, p. 825–827, 2005.

GUÀRDIA, M. D. et al. Sensory characterisation and consumer acceptability of small calibre fermented sausages with 50 % substitution of NaCl by mixtures of KCl and potassium lactate. **Meat Science**, v. 80, p. 1225–1230, 2008.

HE, F. J.; MACGREGOR, G. A. Reducing population salt intake worldwide: from evidence to implementation. **Progress in Cardiovascular Diseases**, v. 52, n. 5, p. 363–82, 2010.

HÖLLRIEGL, V.; MÜNCHEN, H. Z. **Encyclopedia of environmental health.** Elsevier, 2011. p. 268–275

IBGE. **Produção Agrícola Municipal**: culturas temporárias e permanentes. Rio de Janeiro, 2012. p. 101

IGNÁCIO, A. K. F. et al. Efeito da substituição de cloreto de sódio por cloreto de potássio em pão francês Effect of the substitution of sodium chloride by potassium chloride in French rolls. **Brasilian Journal of Food Technology**, v. 16, n. 1, p. 1–11, 2013.

IOM - Institute of Medicine. **DRI Dietary reference intakes**: applications in dietary assessment. Disponível em <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK222890/pdf/Bo>>. Acesso em: 23 fev. 2015.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Metodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos**. 4ª edição ed.1ª Edição Digital. São Paulo, 2008.

JAIGOBIND, A. G. A.; AMARAL, L. DO; JAISINGH, S. **Processamento da Banana**. Dossiê Técnico. TECPAR - Instituto de Tecnologia do Paraná, 2007.

JANSSEN, R. Advancement of pellets-related European standards. **WIP Renewable Energies**. Munich, Germany, 2009.

JULIANA SILVEIRA et al. Quem é o consumidor brasileiro de frutas e hortaliças? **Hortifruti Brasil**, p. 30, jul. 2011.

KNAPP, F. F.; NICHOLAS, H. J. The sterols and triterpenes of banana. **Phytochemistry**, v. 8, n. 1937, p. 207–214, 1969.

LEE, G.-H. A salt substitute with low sodium content from plant aqueous extracts. **Food Research International**, v. 44, n. 2, p. 537–543, mar. 2011.

LHAMBY, A. R.; CANES, S. E. **A prática da gestão ambiental agroindustrial: um estudo de caso em uma agroindústria que produz energia elétrica a partir da casca**. Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. **Anais**.Bauru, 2010.

LIEW, C. Y.; LAU, C. Y. Determination of quality parameters in Cavendish banana during ripening by NIR spectroscopy. **International food research journal**. V. 19, p. 751-758, 2012.

LIU, C. et al. Optimal conditions for preparation of banana peels, sugarcane bagasse and watermelon rind in removing copper from water. **Bioresource technology**, v. 119, p. 349–54, set. 2012.

MACGREGOR, G. A. Blood pressure: importance of the kidney and the need to reduce salt intake. **American Journal of Kidney Diseases**, v. 37, n. 1, p. S34–S38, jan. 2001.

MANICA, I. **Fruticultura Tropical - 4. Banana**. 1º. ed. Porto Alegre: Editora Cinco Continentes LTDA, 1994. p. 485.

MARTINS, R. N. et al. Armazenamento refrigerado de banana prata anã proveniente de cachos com 16, 18 e 20 semanas. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 31, n. 5, p. 1423–1429, 2007.

MATTOS, L. A. et al. Agronomic , physical and chemical characterization of banana fruits. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.2, p. 225–231, 2010.

MEMON, J. R. et al. Banana peel: a green and economical sorbent for the selective removal of Cr(VI) from industrial wastewater. **Colloids and surfaces. B, Biointerfaces**, v. 70, n. 2, p. 232–7, 1 maio 2009.

MENTE, A.; O'DONNELL, M. J.; YUSUF, S. The population risks of dietary salt excess are exaggerated. **The Canadian journal of cardiology**, v. 30, n. 5, p. 507–512, maio 2014.

MERCALI, G. D. **Estudo da transferência de massa na desidratação osmótica de Banana (*Musa sapientum* , shum .)**. 2009. 163 f. Dissertação (mestrado em Engenharia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

MILLER, D. D. Calcium in the Diet: Food sources, recommended intakes, and nutritional bioavailability. **Advances in Food and Nutrition Research**, v. 33, p. 103–156, 1989.

MOHAPATRA, D.; MISHRA, S.; SUTAR, N. Banana and its by-product utilisation : an overview. **Journal of Scientific & Industrial Research**, v. 69, n. May, p. 323–329, 2010.

MOTGHARE, K. A. et al. Comparative study of different waste biomass for energy application. **Waste Management**, v. 3, p. 40 – 45, 2015.

NAGARAJAIAH, S. B.; PRAKASH, J. Chemical composition and antioxidant potential of peels from three varieties of banana. **Asian Journal of Food and Agro-Industry**, v. 4, n. 01, p. 31–46, 2011.

NASCIMENTO, R. DO et al. Substituição de cloreto de sódio por cloreto de potássio: influência sobre as características físico-químicas e sensoriais de salsichas. **Alimentos e Nutrição**, v. 18, n. 3, p. 297–302, 2007.

NATHOA, C.; SIRISUKPOCA, U.; PISUTPAISAL, N. Production of hydrogen and methane from banana peel by two phase anaerobic fermentation. **Energy Procedia**, v. 50, p. 702–710, 2014.

NATIONAL ACADEMIES. **Studies support population-based efforts to lower excessive dietary sodium intakes, but raise questions about potential harm from too little salt intake**. Disponível em: <<http://www8.nationalacademies.org/onpinews/newsitem.aspx?RecordID=18311>>. Acesso em: 7 ago. 2014.

NEGREIROS, R. J. Z. DE et al. **Recomendações técnicas para o cultivo em Santa Catarina**. Disponível em: <http://www.epagri.sc.gov.br/?page_id=1349>. Acesso em: 17 jul. 2014.

NEWSON, R. S. et al. Barriers for progress in salt reduction in the general population. An international study. **Appetite**, v. 71, p. 22–31, dez. 2013.

NICODEMO, M. L. F.; LAURA, V. A.; MOREIRA, A. **Nutrição mineral de bovinos de corte em pastejo - respostas de plantas forrageiras à adubação e de bovinos à suplementação da pastagem**. 1 Edição D ed. São Carlos. Embrapa Gado de Leite, 2008.

NILSON, E. A. F.; JAIME, P. C.; RESENDE, D. DE O. Iniciativas desenvolvidas no Brasil para a redução do teor de sódio em alimentos processados. **Revista Panamericana de Salud Pública**, v. 32, n. 6, p. 287–292, 2012.

NUNES, L. J. R.; MATIAS, J. C. O.; CATALÃO, J. P. S. Biomass combustion systems: a review on the physical and chemical properties of the ashes. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 53, p. 235–242, 2016.

OBEROI, H. S.; SANDHU, S. K.; VADLANI, P. V. Statistical optimization of hydrolysis process for banana peels using cellulolytic and pectinolytic enzymes. **Food and Bioproducts Processing**, v. 90, n. 2, p. 257–265, abr. 2012.

OMERO, Ä. A. Z. R. Statistical differentiation of bananas according to their mineral composition. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, p. 6130–6135, 2002.

ORVALHO, R. J. S. **Redução do teor de sódio em fiambre. implicações tecnológicas, organolépticas e de prazo de validade**. 2010. 106 f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária). Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2010.

OSKARSSON, A. **Handbook on the Toxicology of Metals**. Elsevier, 2015. p. 625–634.

PADOVANI, M. I. **Banana - um Mercado Crescente para este Alimento Milenar**. 1º. ed. São Paulo: Ícone, Editora, 1986. p. 104.

PAQUOT, M. Effects of the stage of maturation and varieties on the chemical composition of banana and plantain peels. **Food Chemistry**, v. 2, p. 1–25, 2014.

PEIXOTO, P. V. et al. Princípios de suplementação mineral em ruminantes. **Pesquisa Veterinaria Brasileira**, v. 25, n. 3, p. 195–200, 2005.

PERDONÁ, R. C. **Aproveitamento energético de resíduos e biomassa**. Disponível em: <http://www.crq4.org.br/sms/files/file/aproveitamento_biomassa_perdo_na_odebrecht.pdf>. Acesso em: 30 jul. 2014.

PEREIRA, A. **Avaliação das atividades cicatrizante e antitumoral de extratos provenientes da casca de banana cultivar Prata Anã (Musa**

spp). 2010. 154 f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

PESSOA, T.R.B. **Process evaluation to produce banana (*Musa sapientum*) flour from peels of fresh fruit varieties Prata, Pacovan and Apple**. 2009. 123 f. Dissertação (Mestrado em Química e Bioquímica de Alimentos). Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2009.

PINHEIRO, J. M. D. S. **Tecnologia pós-colheita para conservação de bananas da cultivar tropical**. 2009. 68 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) Universidade Estadual de Montes Claros Tecnologia, Janaúba, 2009.

PINTO, F. A.; RABENSCHLAG, D. R. **Viabilidade econômica do uso da casca de arroz para geração de energia**. IX Congresso Nacional de Excelência em Gestão. **Anais...**Santa Maria, 2013

POSSAMAI, V. et al. Reciclagem de resíduos agro-industriais: cinza de casca de arroz como fonte alternativa de sílica. **Cerâmica Industrial**, v. 10, n. 2, p. 4, 2005.

POYYAMOZHI, V. S.; KADIRVEL, R. The value of banana stalk as a feed for goats. **Animal Feed Science and Technology**, v. 15, p. 95–100, 1986.

PROTÁSIO, T. D. P. et al. Relação entre o poder calorífico superior e os componentes elementares e minerais da biomassa vegetal. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 31, n. 66, p. 113–122, 2011.

QUIRINO, W. F. **Utilização energética de resíduos vegetais**. Brasília, Ministério do Meio Ambiente, 2003.

RAMLI, S. et al. Utilization of banana peel as a functional ingredient in yellow noodle. **Asian Journal of Food and Agro-Industry**, v. 2, n. 03, p. 321–329, 2009.

REBELLO, L. P. G. et al. Flour of banana (*Musa AAA*) peel as a source of antioxidant phenolic compounds. **Food Research International**, v. 55, p. 397–403, jan. 2014.

RIBEIRO, L. R. et al. Avaliação de cultivares de bananeira em sistema de cultivo convencional e orgânico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 2, p. 508–517, 2013.

RODRIGO, E. et al. Caracterização de cinzas sulfatadas de carvão visando utilização na indústria de cimento - reconstrução mineralógica do carvão de Candiota (Brasil). **Revista Brasileira de Geociências**, v. 41, n. 2, p. 220–227, 2011.

RODRIGUES, M. G. V. et al. **Brazilian banana crop: current situation and research challenges**. XX Reunião Internacional da Associação para a Cooperação em Pesquisa e Desenvolvimento Integral das Musáceas (Bananas e Plátanos). **Anais...Fortaleza**, 2013

ROSECLER, M. et al. Influência do ácido giberélico na degradação do amido durante o amadurecimento da banana 1. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 24, n. 1, p. 76–81, 2004.

SAIDUR, R. et al. A review on biomass as a fuel for boilers. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 15, n. 5, p. 2262–2289, jun. 2011b.

SCALIA, G. M. et al. A Reduced sodium, high potassium salt substitute did not alter food taste or acceptability in rural northern China. **Heart, Lung and Circulation**, v. 16, n. 1, p. 193–194, 2007.

SCHIRMER, F. **Comparação de indicadores de eficiência energética e exergética em duas indústrias do setor sucroalcooleiro**. 2006. 88 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2006.

SEMONGOK, C. Determination of quality parameters in Cavendish banana during ripening by NIR spectroscopy. **International Food Research Journal**. v. 19, n. 2, p. 751–758, 2012.

SHARMA, N. et al. Optimization of fermentation parameters for production of ethanol from kinnow waste and banana peels by simultaneous saccharifi cation and fermentation. **Indian Journal of Microbiology**. December, p. 310–316, 2007.

SILVA, A. P. P. MELO, B. **Colheita e pós-colheita da banana.**

Disponível em:

<http://www.fruticultura.iciag.ufu.br/pos_colheita.html>. Acesso em: 24 jun. 2014.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE HIPERTENSÃO. **Saúde e indústria assinam acordo para reduzir teor de sódio em alimentos.** Disponível em: <<http://www.sbh.org.br/geral/noticias.asp?id=287>>. Acesso em: 6 ago. 2014.

SOLTANI, M.; ALIMARDANI, R.; OMID, M. Prediction of banana quality during ripening stage using capacitance sensing system. **Australian Journal of Crop Science**, v. 4, n. 6, p. 443–447, 2010.

SOMEYA, S.; YOSHIKI, Y.; OKUBO, K. Antioxidant compounds from bananas (*Musa cavendish*). **Food Chemistry**, v. 79, p. 351–354, 2002.

SOUZA, O. et al. Energia alternativa de biomassa: bioetanol a partir da casca e da polpa de banana. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. vol.16. n. 47, p. 915–921, 2012.

SUKSANKRAISORN, K.; PATUMSAWAD, S.; FUNGTAMMASAN, B. Combustion studies of high moisture content waste in a fluidised bed. **Waste management (New York, N.Y.)**, v. 23, n. 5, p. 433–439, jan. 2003.

TASHTOUSH, G.; AL-WIDYAN, M. I.; AL-SHYOUKH, A. O. Combustion performance and emissions of ethyl ester of a waste vegetable oil in a water-cooled furnace. **Applied Thermal Engineering**, v. 23, n. 3, p. 285–293, 2003.

TCHEWONPI, S. et al. Optimisation of low temperature extraction of banana juice using commercial pectinase. **Food chemistry**, v. 151, p. 182–190, 2014.

TEWARI, H. K.; MARWAHA, S. S.; RUPAL, K. Ethanol from banana peels. **Agricultural Wastes**, v. 16, n. 2, p. 135–146, jan. 1986.

TIBOLLA, H.; PELISSARI, F. M.; MENEGALLI, F. C. Cellulose nanofibers produced from banana peel by chemical and enzymatic treatment. **Food Science and Technology**, v 59, p. 1–8, 2014.

TOCK, J. Y. et al. Banana biomass as potential renewable energy resource: A Malaysian case study. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 14, p. 798–805, 2010b.

TOKARNIA, C. H.; DÖBEREINER, J.; PEIXOTO, P. V. Deficiências minerais em animais de fazenda, principalmente bovinos em regime de campo. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 20, n. 3, p. 127–138, 2000.

TRINDADE, A. V. et al. **O cultivo da bananeira**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Cruz das Almas. p. 279, 2003,

TSEN, J.; KING, V. A. Density of banana puree as a function of soluble solids concentration and temperature. **Journal of Food Engineering**, v. 55, p. 305–308, 2002.

VAN DYK, J. S. et al. Food processing waste: problems, current management and prospects for utilisation of the lignocellulose component through enzyme synergistic degradation. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 26, p. 521–531, out. 2013.

VARGAS-MORENO, J. M. et al. A review of the mathematical models for predicting the heating value of biomass materials. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 16, n. 5, p. 3065–3083, 2012.

VASSILEV, S. V. et al. An overview of the chemical composition of biomass. **Fuel**, v. 89, n. 5, p. 913–933, 2010.

VASSILEV, S. V. et al. An overview of the organic and inorganic phase composition of biomass. **Fuel**, v. 94, p. 1–33, 2012.

VASSILEV, S. V. et al. An overview of the composition and application of biomass ash. Part 1. Phase–mineral and chemical composition and classification. **Fuel**, v. 105, p. 40–76, 2013.

VASSILEV, S. V.; VASSILEVA, C. G.; VASSILEV, V. S. Advantages and disadvantages of composition and properties of biomass in comparison with coal: An overview. **Fuel**, v. 158, p. 330–350, 2015.

VIEIRA, C. et al. Green banana (*Musa cavendishii*) flour obtained in spouted bed – Effect of drying on physico-chemical , functional and morphological characteristics of the starch. **Industrial Crops & Products**, v. 41, p. 241–249, 2013.

VILELA, C. et al. Lipophilic phytochemicals from banana fruits of several *Musa* species. **FOOD CHEMISTRY**, v. 162, p. 247–252, 2014.

VIRMOND, E. et al. Characterisation of agroindustrial solid residues as biofuels and potential application in thermochemical processes. **Waste management (New York, N.Y.)**, v. 32, n. 10, p. 1952–61, out. 2012.

VISWANATHAN, K.; KADIRVEL, R.; CHANDRASEKARAN, D. Nutritive value of banana stalk (*musa cavendishi*) as a feed for sheep. **Animal Feed Science and Technology**, v. 22, p. 327–332, 1989.

WANG, J. et al. Comparison of volatiles of banana powder dehydrated by vacuum belt drying , freeze-drying and air-drying. **Food Chemistry**, v. 104, p. 1516–1521, 2007.

WANG, J. et al. Changes in resistant starch from two banana cultivars during postharvest storage. **FOOD CHEMISTRY**, v. 156, p. 319–325, 2014.

WANG, Y.; ZHANG, M.; MUJUMDAR, A. S. Influence of green banana flour substitution for cassava starch on the nutrition , color , texture and sensory quality in two types of snacks. **LWT - Food Science and Technology**, v. 47, p. 175–182, 2012.

WEIR, M. R.; BAKRIS, G. L. Salt intake and reductions in arterial pressure and proteinuria is there a direct link? **American Journal of Hypertension**, v. 9, 1996.

WILAIPON, P.; TRIRATTANSIRICHAH, K.; TANGCHAICHT, K. **Moderate die-pressure banana-peel briquettes**. 2nd international conference on thermal engineering and applications. **Anais**. Al Ain, United Arab Emirates, 2006.

WILSON, L. et al. Thermal characterization of tropical biomass feedstocks. **Energy Conversion and Management**, v. 52, n. 1, p. 191–198, 2011.

WHO. Guideline: Potassium intake for adults and children. Geneva, World Health Organization (WHO), 2012.

WHO. Guideline: Sodium intake for adults and children. Geneva, World Health Organization (WHO), 2012a.

WHO. Strontium and strontium compounds. (Concise international chemical assessment document 77), 2010.

ZHANG, P. et al. Banana starch : production , physicochemical properties , and digestibility — a review. **Carbohydrate Polymers**, v. 59, p. 443–458, 2005.

