



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

MARIA ELISA VICENTINI

**BIOMASSA DE RESÍDUOS DA LAVOURA DE ABACAXI
PARA PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEIS NO NOROESTE
DO PARANÁ**

MARIA ELISA VICENTINI

**BIOMASSA DE RESÍDUOS DA LAVOURA DE ABACAXI
PARA PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEIS NO NOROESTE
DO PARANÁ**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Bioenergia da Universidade Estadual de Londrina como, requisito à obtenção do título mestre em Bioenergia.

Orientador: Prof. Dr Paulo Henrique Caramori
Co-orientador: Dr Sérgio Luiz Colucci de Carvalho

**Catálogo elaborado pela Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central da
Universidade Estadual de Londrina**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

V633b Vicentini, Maria Elisa.
Biomassa de resíduos da lavoura de abacaxi para produção de biocombustíveis
no noroeste do Paraná / Maria Elisa Vicentini. – Londrina, 2014.
63 f. : il.

Orientador: Paulo Henrique Caramori.

Coorientador: Sergio Luiz Colucci de Carvalho.

Dissertação (Mestrado em Bioenergia) – Universidade Estadual de Londrina,
Centro de Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Bioenergia, 2014.

Inclui bibliografia.

1. Biomassa vegetal – Teses. 2. Biocombustíveis – Teses. 3. Resíduos agrícolas
– Teses. 4. Abacaxi – Resíduos – Teses. 5. Resíduos como combustíveis – Teses.
6. Cultivos agrícolas energéticos – Teses. I. Caramori, Paulo Henrique. II. Carvalho,
Sergio Luiz Colucci de. III. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências
Exatas. Programa de Pós-Graduação em Bioenergia. IV. Universidade Estadual de
Maringá. V. Universidade Estadual de Ponta Grossa. VI. Universidade Estadual do
Centro-Oeste. VII. Universidade do Oeste do Paraná. VIII. Universidade Federal do
Paraná. IX. Título.

CDU 620.97

MARIA ELISA VICENTINI

**BIOMASSA DE RESÍDUOS DA LAVOURA DE ABACAXI PARA
PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEIS NO NOROESTE DO PARANÁ**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós
Graduação em Bioenergia da Universidade
Estadual de Londrina, como requisito à obtenção
do título mestre em Bioenergia.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Orientador
Dr. Paulo Henrique Caramori
Universidade Estadual de Londrina

Prof. Dr. Cássio Egidio Cavenaghi Prete
Universidade Estadual de Londrina

Prof. Dra. Wilma Aparecida Spinosa
Universidade Estadual de Londrina

Londrina, 26 de março de 2014.

A Deus, pela força que me tem concedido, aos meus pais, José Vicentini (*in memoriam*) e Rejane Maria Vicentini, por todo amor e incentivo.

AGRADECIMENTOS

À minha família. Ao meu pai (*in memoriam*) e à minha mãe Rejane Maria Vicentini pela minha educação, apoio e incentivo que sempre me concederam. À minha irmã pelo companheirismo, força, orações nos momentos difíceis. A meu namorado que já é minha família, pelo carinho, paciência e dedicação.

Ao meu orientador professor e pesquisador Doutor Paulo Henrique Caramori; pela oportunidade de ser orientada por esse admirável pesquisador.

Ao meu co-orientador e pesquisador do Instituto Agronômico do Paraná – IAPAR Doutor Sérgio Luiz Colucci de Carvalho, um dos grandes responsáveis pela idealização desse projeto, por sua paciência, sabedoria e seus preciosos ensinamentos sobre agronomia.

Aos pesquisadores do IAPAR Luciano Grillo Gill, Dra. Maria Brígida dos Santos Scholz e a química Maria Isabel Ferreira, bem como à professora Dra. Wilma Spinosa, por todo o seus ensinamentos, paciência e amizade e toda a colaboração para que esse estudo acontecesse.

Aos companheiros do mestrado, sobretudo àqueles que se revelaram amigos: Geovanna, Fernanda, Diego e Jonathan, obrigada pela amizade e por toda ajuda.

Aos funcionários de campo do Instituto Agronômico do IAPAR, Sr. João e Wilson, muito obrigada por todo ensinamento, aconselhamento e amizade. Minha eterna gratidão a vocês.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para realização dessa Dissertação, meus sinceros agradecimentos.

À Universidade Estadual de Londrina pela formação.

Ao Instituto Agronômico do Paraná – IAPAR, por propiciar as condições de condução dos trabalhos que resultaram nesta dissertação.

À coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior CAPES e à Fundação Araucária pelo apoio financeiro.

“Porque ainda que a figueira não floresça, nem haja fruto na vide; ainda que decepcione o produto da oliveira, e os campos não produzam mantimento; ainda que as ovelhas da malhada sejam arrebatadas, e nos currais não haja gado; Todavia eu me alegrarei no Senhor; exultarei no Deus da minha salvação; O Senhor Deus é a minha força, e fará os meus pés como os das cervas, e me fará andar sobre as minhas alturas”.

(Bíblia Sagrada, Livro de Habacuque 3:17 ao 19).

VICENTINI, Maria Elisa. **Biomassa de resíduos da lavoura de abacaxi para a produção de biocombustíveis no Noroeste do Paraná**. 2014. 64 f. Dissertação (Mestrado em Bioenergia) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2014.

RESUMO

O etanol proveniente das biomassas lignocelulósicas tornou-se uma tecnologia promissora para produção de biocombustíveis. Dentre os resíduos agrícolas, os restos culturais da lavoura de abacaxi destacam-se como matéria-prima alternativa para produção de etanol. O presente trabalho teve como objetivo determinar o potencial de biomassa residual da lavoura de abacaxi, produzida sob diferentes níveis de adubação para obtenção de etanol. O experimento foi realizado em uma área comercial em Santa Isabel do Ivaí-PR, com latitude 22° 57' 52" S, longitude 53° 14' 57" W, altitude 470 m e clima subtropical úmido segundo Köppen, em um solo Argissolo Vermelho distrófico de textura arenosa. O delineamento experimental foi constituído em um fatorial (4x4), sendo o fator A: doses de N (0; 11; 22; e 33 gramas de N por planta) e fator B: doses de K₂O (0; 11; 22; e 33 gramas de K₂O por planta). A produção de biomassa residual de abacaxi apresentou respostas distintas às doses aplicadas de N e K. Para o N a melhor dose na produção de biomassa residual foi com 11 gramas e para K com 33 gramas. Apesar de não ter ocorrido interação entre nitrogênio e potássio, a maior produção de massa seca residual ocorreu na dose de 33 gramas de K e 11 gramas de N com um total de 6,93 toneladas ha⁻¹. A composição química dos resíduos apresentou 22,02% de celulose, 21,83% de hemicelulose e 7,70% de lignina. Foi realizada a hidrólise ácida, utilizando ácido sulfúrico nas concentrações 1,0 1,5 e 2,0 % nas temperaturas de 120, 140 e 160 °C com uma massa equivalente a 1,5g (1:10 p/v) e tempos de 10, 30 e 50 minutos. As concentrações do ácido, tempo e a temperatura foram determinados por planejamento fatorial e metodologia de superfície de resposta. O método de Somgy e Nelson foi utilizado para determinar a concentração de açúcares redutores (AR). Após as análises estatísticas dos resultados foi possível verificar que o H₂O₄ diluído na concentração de 1% a 1,5%, 160°C em um tempo de reação de 50 minutos resultou em 8,34%. É possível obter 57,79 ton/ha⁻¹ toneladas de açúcar por hectare.

Palavras-Chave: Biocombustível. Biomassa. Resíduos agrícolas. Nitrogênio. Potássio.

VICENTINI, Maria Elisa. **Biomass from waste of pineapple crop for biofuel production in Northwestern Paraná, Brazil.** 2014. 64 f. Dissertação (Mestrado em Bioenergia) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2014.

ABSTRACT

Ethanol from lignocelluloses biomass has become a promising technology for the production of biofuels. Among agricultural waste, residues from the crop of pineapple stand out as an alternative raw material for ethanol production. This study aimed to determine the potential of the residual biomass of the pineapple crop, produced under different fertilizer levels for ethanol production. The experiment was conducted in a farm in Santa Isabel do Ivaí, state of Parana (PR), Brazil, with latitude 22° 57' 52"S, longitude 53° 14'57" W, altitude 470 m, and subtropical humid climate according to Köppen, in a Paleudult soil of sandy loam texture. The experiment was set up in a factorial (4x4), with factor A: N rates (0, 11, 22, and 33 grams of N per plant), and factor B: K₂O rates (0, 11, 22 and 33 grams K₂O per plant). The production of residual biomass pineapple presented to different doses of N and K. For N answers the best dose in the production of residual biomass was with 11 grams and 33 grams for K. Although no interaction occurred between nitrogen and potassium, the highest production of residual dry matter occurred at a dose of 33 grams and 11 grams of K N with a total of 6.93 tons ha⁻¹.

The chemical composition of the waste showed 22.02 % cellulose, 21.83 % of hemicelluloses and 7.70 % lignin. Acid hydrolysis was performed using sulfuric acid at concentrations of 1.0, 1.5 and 2.0 % at temperatures of 120, 140 and 160 °C with a mass equivalent to 1.5 g (1:10 w / v) and times of 10, 30 and 50 minutes. The acid concentrations, time and temperature were determined by factorial design and response surface methodology. The method of Nelson and Somogy was used to determine the concentration of reducing sugars (RS). After statistical analysis it was possible to verify that the dilute acid at a concentration of 1% and 1.5% H₂SO₄, at the temperature of 160 °C in a reaction time of 50 minutes resulted in 8.34 %. It is possible it is possible to obtain 57,79 ton of sugar per hectare.

Keywords: Biofuel. Biomass. Crop residue. Nitrogen, Potassium.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1 Matriz Energética Mundial	12
2.2 A Matriz no Brasil	13
3. ETANOL	14
3.1 Histórico do Etanol no Brasil	15
3.2 A produção de Etanol.....	16
4 BIOMASSA	17
4.1 Fibras Vegetais.....	20
5 PRÉ-TRATAMENTO	23
6 ABACAXI	26
6.1 Taxonomia	27
6.2 Variedades.....	27
6.3 Morfologia e Descrição geral	27
6.5 Indução Floral.....	29
6.6 Solos	30
6.7 Fertilidade e Nutrição	30
6.8 Senescência e Resíduos	32
7 MATERIAL E MÉTODOS	34
7.1 Localização do Experimento	34
7.2 Clima da Região	34
7.4 Cultivar e Mudas	35
7.5 Plantio.....	35
7.6 Tratamentos	35
7.7 Delineamento experimental.....	36
7.8 Preparação dos resíduos da lavoura de abacaxi.....	36
7.9.1 Hidrolisado	37
7.9.2 Açúcares Redutores	38
8 RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
9 CONCLUSÃO	51
REFERÊNCIAS	52

1 INTRODUÇÃO

Os biocombustíveis, produzidos a partir da biomassa, são fonte de energia renovável e apresentam-se como uma alternativa para a substituição dos combustíveis fósseis, principalmente no setor de transporte, contribuindo para a redução da emissão dos gases causadores do efeito estufa (GEE) e da chuva ácida.

A biomassa vegetal é considerada uma forma indireta da energia solar. Quando comparada aos combustíveis derivados do petróleo, apresenta como uma de suas principais vantagens a sua renovação através do ciclo do carbono; assim o dióxido de carbono (CO_2) que é liberado durante a combustão na atmosfera; através do processo de fotossíntese é absorvido novamente pelas plantas que liberam o oxigênio para a atmosfera.

Os biocombustíveis fazem parte da história e do desenvolvimento da sociedade. A lenha foi o primeiro biocombustível utilizado pela humanidade desde o período paleolítico, com a descoberta do fogo.

Antes da era do petróleo, já se utilizava a gordura vegetal e animal como fonte de energia. No antigo Egito, existem indícios de uso de óleos como fonte de iluminação artificial; séculos mais tarde, usava-se de óleo de baleia nas lamparinas para iluminação pública principalmente nos Estados Unidos. A energia vem nos acompanhando ao longo dos séculos.

O Brasil é o pioneiro mundial no consumo dos biocombustíveis, e devido às suas características agroclimáticas possui uma enorme diversidade de matérias primas para a produção de energia a partir da biomassa. Os principais combustíveis produzidos são: biodiesel, bioetanol e em menor escala o biogás, produzido a partir de resíduos tanto agrícolas, como sólidos urbanos e de animais.

O biodiesel pode ser produzido a partir da gordura animal ou vegetal. Dentre os vegetais a soja é a oleaginosa que se destaca na produção no Brasil.

Para o bioetanol (etanol) a produção pode ser direta, com o uso de matérias primas com açúcares disponíveis para a fermentação como os das culturas sacarinas: cana de açúcar, sorgo e beterraba e das matérias primas amiláceas: milho, trigo, arroz, mandioca e batata doce.

A cana de açúcar é a principal matéria prima utilizada na produção do etanol. O Brasil apresenta a maior frota de carros movidos com o combustível e destaca-se pelo domínio da tecnologia desde campo até a produção final na destilaria.

O combustível também pode ser produzido através de resíduos lignocelulósicos, etanol

de segunda geração ou etanol celulósico, produzido a partir dos resíduos agrícolas como bagaço de cana e palha, sabugo do milho, cascas de arroz, soja e amendoim, resíduos florestais e da agroindústria; tanto têxtil a partir do algodão bem como os resíduos das agroindústrias de polpas de frutas.

O uso dos resíduos agrícolas na produção do etanol possibilitará ao país a liderança no mercado de combustíveis de forma sustentável, sem necessidades de desmatar novas áreas para a expansão do cultivo agrícola de matérias primas, e, principalmente, competir pelo uso da terra na geração de energia e produção de alimentos. Especialmente em locais que não dispõem de clima favorável ou extensão territorial para cultivo, torna-se necessário investir no desenvolvimento de tecnologias de segunda geração de produção de etanol (PACHECO, 2011).

Constata-se ainda, que o Brasil destaca-se como o maior produtor de abacaxi da América Latina, segundo dados do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2009). Após a colheita dos frutos do abacaxi e da retirada das mudas, os resíduos da cultura permanecem no campo podendo ser incorporados no solo ou destinados à alimentação animal.

Durante a fase vegetativa a planta do abacaxi é exigente nutricionalmente, sendo o potássio (K) e o nitrogênio (N) os nutrientes mais consumidos, pois são responsáveis pelo crescimento, produtividade e qualidade da produção.

A cultura destaca-se na região Noroeste do estado do Paraná, devido às características edafoclimáticas da região. A atividade contribui para a geração de empregos, diminuição do êxodo rural, resultando na fixação do homem no campo e promovendo desenvolvimento econômico da região.

Diante do exposto, este trabalho se justifica considerando que atualmente tem-se buscado fontes alternativas sustentáveis para a produção de energia para substituição dos combustíveis fósseis.

O Brasil é um dos maiores produtores de abacaxi no mundo. Gera com isso restos na lavoura e resíduos na agroindústria, que num primeiro momento não apresentam valor comercial. Poucos trabalhos são desenvolvidos nesse sentido.

Além de sua importância econômica, a otimização e todo ciclo de exploração da abacaxicultura contribui para evitar a concorrência e as perdas de ocupação de áreas destinadas à produção de alimentos, com as de biocombustíveis.

O presente trabalho teve como objetivo determinar o potencial de produção de biomassa residual da lavoura de abacaxi para de produção de bicombustível na região Noroeste do Paraná, submetida a diferentes níveis de adubação.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Matriz Energética Mundial

Com a revolução industrial, na segunda metade do século XVIII, o emprego do carvão vegetal como fonte de combustível permitiu a geração do vapor e dessa forma definiu-se o princípio da matriz energética da industrialização.

Segundo Olinto (2006), na segunda metade do século XIX, com a segunda revolução industrial e a construção do motor de combustão interna de quatro tempos, foi possível o desenvolvimento do automóvel e do avião, estimulando assim, o consumo de combustíveis fósseis em grandes quantidades, com destaque para o petróleo como principal responsável pelo desenvolvimento da nossa economia contemporânea.

Desde então, de acordo com Hinrichs e Merlin Kleinbach- energia e meio ambiente- 4ª ed. (2012, p.3,4) a matriz energética mundial baseia-se no consumo de combustíveis fósseis.

Como os combustíveis fósseis representam 90% do nosso consumo de recursos energéticos, continuamos a aumentar as emissões de dióxido de carbono, que podem alterar irreversivelmente o clima da Terra. [...] O crescimento da utilização dos combustíveis fósseis observado desde o início da era industrial causou o aumento da concentração de dióxido de carbono atmosférico em torno de 30% e, provavelmente, a elevação da temperatura global. Temperaturas globais altas podem levar ao derretimento das calotas polares e aumento dos oceanos, o que vai provocar a migração das populações das regiões litorâneas do planeta para áreas mais altas.

Ainda, segundo estudos realizados por esses autores, comprando os efeitos na atmosfera do uso contínuo dos combustíveis no mundo, desde a década de 1970 até o ano de 2003, constatou-se que a população global que era de 3,3 bilhões de pessoas no ano de 2003 praticamente dobrou e foi para 6,4 bilhões, com isso as emissões globais de CO₂ em 10⁹ de 14 foi para 24,5 toneladas/ano.

Nos Estados Unidos a porcentagem de petróleo importada pelo país que, na década de 70, era de 23% passou a ser 56%. Para Goldemberg e Lucon (2007), conforme ocorre o crescimento populacional, cresce o consumo energético, e os padrões atuais de produção e consumo de energia ainda estão baseados nos combustíveis fósseis; conseqüentemente, aumentando as emissões de poluentes locais e gases que contribuem com o efeito estufa.

Assim, coloca-se em risco o suprimento de longo prazo do planeta, tornando-se

necessário mudar esses padrões através da diversificação da matriz energética, adotando fontes de energias renováveis.

Nesse cenário o Brasil apresenta condições bastante favoráveis em relação ao resto do mundo. No ano 2005 os Estados Unidos teve uma emissão per capita de CO₂ de 20,5 toneladas, União Europeia de 27 toneladas e o Brasil emitiu 1,9 toneladas (BRASIL, 2011).

2.2 A Matriz no Brasil

O Brasil possui uma das matrizes energéticas mais renováveis do mundo, devido suas características de clima, relevo, recursos hídricos, extensão territorial, que proporcionam ao país diversas alternativas de fonte de energia.

Segundo Hinrichs et al. (2012) o Brasil é o terceiro maior consumidor de energia do Hemisfério Ocidental, sendo que 41% dessas fontes energéticas utilizadas são renováveis, com 14% de origem hídrica e 27% da biomassa.

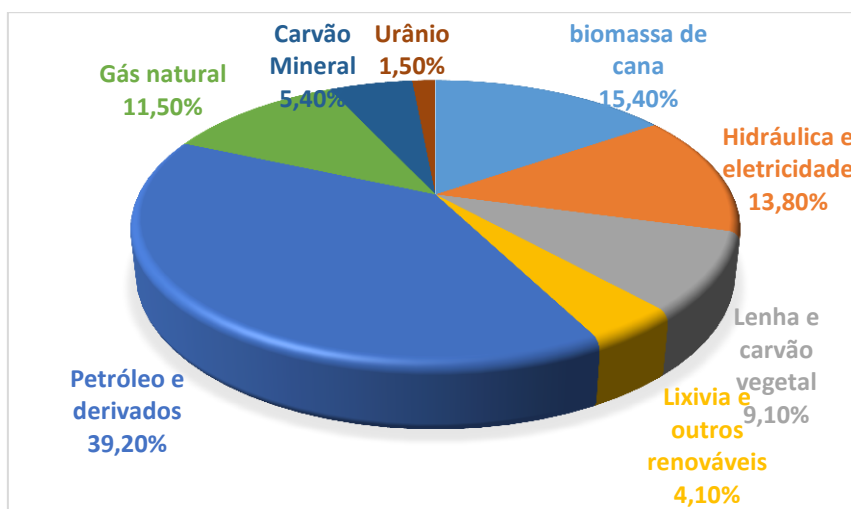


Figura 1 - Principais fontes de energia do País

Fonte: EPE- BRASIL(2013)

A substituição dos combustíveis fósseis por fontes renováveis ganhou importância, no país, desde a década de 1970. Na época, em resposta ao aumento do preço do petróleo, e mais recentemente em virtude às mudanças climáticas. Busca-se produzir queimas mais limpas para redução nas emissões de carbono.

Segundo o Balanço Energético Nacional (BRASIL, 2013), no ano de 2012, a participação das energias renováveis na Matriz Energética do país, manteve-se entre as mais elevadas do mundo, com pequena redução, devido à menor oferta de energia hidráulica e

etanol, em decorrência de fatores agroclimáticos. Ainda assim, essa participação manteve-se em patamar muito elevado, de 42,4%, significativamente acima da média mundial, calculada em 13,2% , pela Agência Internacional de Energia.

O Brasil destaca-se mundialmente pela geração de energia hidroelétrica e de biocombustíveis gerados pela biomassa: etanol e biodiesel. O Brasil é o primeiro país a dominar a tecnologia para produção de biodiesel totalmente renovável, contando no processo com o álcool de cana-de-açúcar (etanol) no lugar de metanol, um derivado do petróleo, reduzindo assim os custos de produção (COUTO et al., 2004).

Os biocombustíveis tornaram-se uma fonte de energia alternativa, renovável e “limpa” a fim de solucionar os problemas energéticos (OTTONI, 2010).

A partir da biomassa podem ser produzidos combustíveis sólidos, líquidos e gasosos.

3. ETANOL

Desde a antiguidade, o álcool é conhecido pelas diversas civilizações, presentes nas bebidas: cerveja e vinho. Na época, a fermentação dos açúcares ocorria de forma natural.

A partir da idade média, com a técnica de destilação, trazida pelos Árabes para a Europa, o álcool passou ser utilizado com fins medicinais, com o tempo difundiu seu uso nas indústrias químicas.

No início do século XX, com o advento do automóvel e especialmente os motores de combustão interna (chamado ciclo Otto), o etanol foi utilizado como combustível nos veículos Ford Modelo –T e teve sua utilização aumentada durante a crise do petróleo nas décadas de 1970 e 1980.

O etanol ou álcool etílico é uma substância orgânica constituída por dois átomos de carbono, cinco de hidrogênio e um grupo hidroxila. Apresenta-se quimicamente na forma (C₂H₅OH). É obtido através da fermentação de uma solução que contenha açúcares e pode ser encontrado na forma de etanol hidratado, quando possui cerca 96% de pureza e 4% de água (96° Gay Lussac GL), utilizado exclusivamente como combustível em veículos flex – fluel.

Já a forma álcool anidro, possui características de pureza na ordem de 99,95% com 0,05% de água na escala GL.

Mistura-se o álcool anidro na gasolina a fim de aumentar o poder de octanagem do combustível, uma vez que o Brasil banuiu o uso do chumbo tetraetila na gasolina.

O percentual de etanol anidro encontrado na gasolina vendida ao consumidor varia de 18% a 25%. Desde primeiro de maio de 2013, o país passou a misturar 25% de álcool

anidro na gasolina (NEVES, 2013).

No cenário internacional, o álcool tem se destacado como uma das possíveis soluções aos problemas ambientais, revelando-se como uma fonte energética compatível com os Mecanismos de Desenvolvimento Limpo – MDL, preconizado no Protocolo de Kyoto. (BACCHI, 2006).

Para Macedo (2007) o Brasil é o melhor exemplo mundial da produção e do uso do etanol na introdução da energia renovável em grande escala de produção. Atualmente, é o segundo maior produtor de etanol, ficando atrás dos Estados Unidos.

3.1 Histórico do Etanol no Brasil

Na década de 1970, a lenha, ainda era um combustível importante para o Brasil e o país dependia pesadamente da importação do petróleo. Em decorrência da crise mundial do petróleo nesse período o Brasil e os demais países importadores, como os Estados Unidos e os países da Europa, foram compelidos a avançarem em suas pesquisas na busca de fontes de energia alternativas.

E nesse cenário, o Brasil pela crise causada pelo oriente médio, não podia prejudicar seu desenvolvimento econômico e ficar vulnerável aos choques externos do preço do petróleo. Então, os governantes da época lançaram dia 14 de novembro de 1975, o Programa Nacional de Álcool - Pro álcool.

A principal motivação do governo para lançar o programa foi o peso devastador da conta do petróleo na balança de pagamentos do país, que importava na época mais de 80% do que consumia (LEITE; LEAL, 2007).

O programa consistia em desenvolver o uso do etanol ou do etil álcool como combustível. Ele podia ser utilizado para substituir o methyl tert-butyl ether (MTBE) da gasolina, ou utilizado na forma pura como combustível de veículos automotores (LOPES, H; MASIERO, 2008).

O etanol é uma fonte de energia limpa, renovável e sustentável, pode ser produzida a partir de várias matérias primas como o milho, trigo, beterraba, cana de açúcar entre outras culturas sacarinas e amiláceas.

Inicialmente, a mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) foi à matéria prima escolhida para a produção do combustível, no Brasil.

Todavia, devido à queda do preço do açúcar e dos maiores incentivos na pesquisa na cultura de cana de açúcar, foram desenvolvidas variedades mais adaptadas, com resistência a

pragas e doenças. Também houve melhorias no processo industrial, resultando na cana de açúcar como principal fonte matéria prima para produção de etanol, substituindo a mandioca.

No final da década houve aumento no preço do açúcar e a sua liberação para exportação. Ao mesmo tempo, aumentaram as vendas de veículos movidos à gasolina e reduziu a produção de motores movidos a etanol. Conseqüentemente, nos anos noventa, o programa estava no fim, e com estabilização e redução do preço internacional do petróleo, diminuiu mais ainda a produção de álcool no país.

Ao longo dos anos, depois de altos e baixos do programa Pro-álcool, o biocombustível se consolidou no Brasil. Em 1997, ganhou reforço com o Protocolo de Kyoto, onde o mundo discutiu a necessidade da redução da emissão dos gases do efeito estufa.

A partir de 2000, com a nova elevação do preço internacional do petróleo, as metas de controle e redução de emissões dos gases de efeito estufa, novamente houve um incremento da produção de fonte renovável e limpa (MITSUTANI, 2010).

Tal fato, associado ao lançamento dos veículos flex – fuel, o Brasil retoma o destaque na produção e uso dos biocombustíveis como substitutos dos combustíveis fósseis.

3.2 A produção de Etanol

Os Estados Unidos produzem o etanol, principalmente do milho. A França, do trigo e beterraba, a Alemanha do centeio e o Brasil, como já relatado, principalmente da cana de açúcar.

O sistema agroindustrial da cana-de-açúcar é um dos mais antigos, está ligado a eventos históricos, e é de enorme importância. O Brasil, é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar e isoladamente o maior produtor de açúcar e de álcool além de ser maior exportador mundial de açúcar (BRASIL, 2011).

Atualmente, o país é o maior produtor mundial de cana de açúcar com uma área cultivada estimada nas safras de 2013/14 em 8.810,79 mil hectares.

O estado de São Paulo permanece como o maior produtor com 51,66% (4.552.040 hectares) da área plantada, seguido por Goiás com 9,29% (818.390 hectares), Minas Gerais com 8,85% (779.830 hectares) e o Paraná possui a quarta maior área de cultivo com 6,66% (586.400 hectares).

Segundo dados da CONAB (2012) a produção de etanol no Brasil foi de 23,64 bilhões de litros na safra 2012/13 e é estimada em 27,66 bilhões de litros para safra 2013/14, um incremento de 4,02 bilhões de litros, alta de 16,98.

A área cultivada com cana de açúcar destaca-se na região sudeste, seguida pelo centro oeste e nordeste. Na região sul o Paraná é o principal produtor com uma área de 586.400 hectares, com uma produção estimada na safra 2013/2014 de 42.572,6 mil ton. As regiões Norte e Noroeste do estado concentram 93% de toda a cana produzida.

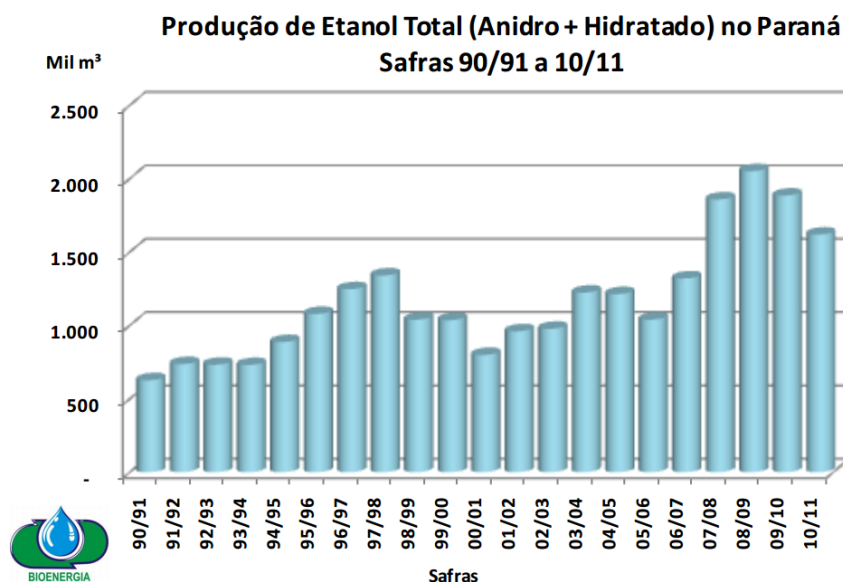


Figura 2 - Total da produção de Etanol no Paraná

Fonte: Alcopar (2011).

Desde o início da década de 90 a produção tem aumentado, sendo a máxima obtida nas safras de 2008/2009 e tendo um decréscimo nas safras 2010 e 2011.

4 BIOMASSA

A queima dos combustíveis fósseis, no decorrer dos anos, vem contribuindo significativamente com o aquecimento global na terra. Compromete a qualidade do ar nos centros urbanos, o que eleva a formação de chuvas ácidas. Constantemente são emitidos dióxido de carbono (CO₂), óxidos de nitrogênio (NO_x), óxidos de enxofre (SO_x) e metais na atmosfera, causando alterações ambientais no mundo.

Ademais, os combustíveis fósseis são finitos, porém, e a disponibilidade de energia é essencial para garantir o desenvolvimento econômico do mundo.

Assim, nos últimos anos intensificaram-se os estudos e pesquisas na busca de energias alternativas sustentáveis em relação ao petróleo. Nesse contexto, destaca-se a biomassa; uma fonte de energia renovável, que possui um grande potencial de exploração em países como o Brasil.

Segundo Guardabassi (2006), nas sociedades antigas a biomassa era fonte de energia presente na lenha. Durante muito tempo associou-se à ideia do uso da biomassa com o desmatamento. Somente no século XX com a utilização da biomassa “moderna”, sustentável, esses conceitos mudaram, sendo um exemplo disso programa do álcool no Brasil e as práticas de reflorestamento na produção de madeira.

O mesmo autor, também classifica a biomassa de acordo com a tecnologia empregada na sua utilização energética.

A biomassa tradicional é denominada por seu uso ser a combustão direta da lenha, madeira, carvão vegetal e resíduos agrícolas ou urbanos que servem para a produção de carvão. A Biomassa moderna utiliza-se de tecnologias avançadas para a conversão em eletricidade ou biocombustíveis.

Estima-se que exista dois trilhões de toneladas de biomassa no globo terrestre ou cerca de 400 toneladas por pessoa, o que em termos energéticos, corresponde a oito vezes o consumo anual mundial de energia. Esses números mostram o grande potencial que essas fontes renováveis têm para suprir uma demanda de energia crescente (BACHHI, 2006).

Na definição do ATLAS (2012) a biomassa é:

Qualquer matéria orgânica que possa ser transformada em energia mecânica, térmica ou elétrica é classificada como biomassa. De acordo com a sua origem, pode ser: florestal (madeira, principalmente), agrícola (soja, arroz e cana-de-açúcar, entre outras) e rejeitos urbanos e industriais (sólidos ou líquidos, como o lixo). Os derivados obtidos dependem tanto da matéria-prima utilizada (cujo potencial energético varia de tipo para tipo) quanto da tecnologia de processamento para obtenção dos energéticos.

Segundo Brito et al. (1979) efetivamente, a biomassa é uma forma indireta de energia solar. A energia solar é responsável pela fotossíntese, que resulta na combinação do CO_2 atmosférico junto com a água absorvida pelas raízes das plantas e luz disponível, produzindo assim, oxigênio e carboidratos (açúcares e amidos) que promovem o crescimento da biomassa.

A fotossíntese é a base dos processos biológicos que preservam a vida das plantas e produtora da energia química que se converterá em outras formas de energia ou em produtos energéticos como carvão vegetal, etanol, gases combustíveis e óleos vegetais combustíveis, entre outros. (ATLAS, 2012).

A biomassa pode ser queimada diretamente para produzir eletricidade ou calor.

Também ser convertida em combustíveis sólidos, gasosos e líquidos por meio tecnologias de conversão como a fermentação, empregada para produzir álcoois; a digestão bacteriana, para produzir o biogás, e a gaseificação para produzir o substituto do gás natural (HALL; HOUSE; SCRASE, 2000).

Para Junior et al. (2010) a energia proveniente da biomassa é toda energia possível de se obter pelo processamento de matéria orgânica e de resíduos da agroindústria, em biodigestores ou biorrefinarias, gerando diferentes produtos, entre eles o bioetanol e o biogás.

Segundo Heinrich et al. (2010) a energia da biomassa é derivada de matéria viva como os grãos de milho e trigo, árvores e plantas aquáticas. Esta matéria viva é encontrada nos resíduos agrícolas e florestais, como também nos resíduos sólidos municipais.

É possível utilizar resíduos de diversas culturas como matéria-prima para a obtenção de energia. Por exemplo, do milho além do grão, sabugo, colmo, folha e palha; da soja e arroz, os resíduos que permanecem no campo, palhada; e cana-de-açúcar, o bagaço, a palha e o vinhoto (ATLAS, 2008).

Moret (2002) ressalta o uso dos resíduos da exploração florestal e de seu processo produtivo, como também os resíduos das plantas oleaginosas e resíduos agrícolas de cana de açúcar e mandioca, para a obtenção de energia.

Os resíduos agrícolas vêm se constituindo uma das mais expressivas fontes de carboidratos não utilizadas de forma devida, que poderiam ser convertidas em combustíveis líquidos, sólidos e gasosos, além de outros processos de bioconversão para fins industriais (VARGAS, 1979).

A principal vantagem da introdução dos resíduos agrícolas em termos ambientais reside no fato de que as emissões de carbono são praticamente nulas (pelo balanço de carbono devido à fotossíntese), e, mesmo que sua eficiência de conversão seja menor, ainda assim as emissões específicas serão mais reduzidas (MORET, 2004).

Segundo Ogeda e Petri (2010) a busca por combustíveis alternativos levou alguns países a optarem pela energia da biomassa, através da fermentação de açúcares, como no caso do Brasil produzindo o etanol, principalmente a partir da cana de açúcar, nos Estados Unidos de Milho e países da Europa a partir da beterraba, entre outras fontes.

Atualmente, a indústria de biocombustíveis é baseada essencialmente na produção de etanol, através da fermentação de açúcares ou amidos e na produção de biodiesel derivado de óleos vegetais. O uso de materiais de biomassa de lignocelulose (de madeira ou fibroso) em contraste aos açúcares e amidos tem, entretanto, maior potencial para maximização da eficiência de conversão de luz solar, água e nutrientes em biocombustíveis (GOLDEBERMG,

2009).

4.1 Fibras Vegetais

As fibras vegetais são materiais lignocelulósicos, sendo os mais abundantes complexos orgânicos de carbono, na forma de biomassa de planta, e consistem em três principais componentes: celulose, hemicelulose e lignina (BADHAN et al., 2007). São exemplo de fibras vegetais as do coco, folhas da banana, abacaxi, caule da cana de açúcar, restos de madeira e outros resíduos agrícolas. A celulose é o principal componente de todas as fibras vegetais e o principal responsável pela sua resistência mecânica (SILVA, 2003). A celulose, hemicelulose e lignina totalizam cerca de 90% da composição total do material lignocelulósico (KUMAR et al., 2009).

Assim, a produção de etanol a partir desses materiais representa a possibilidade da expansão da produção do biocombustível em bases sustentáveis, por poder utilizar como matéria-prima os resíduos florestais e de culturas agrícolas.

A lignocelulose é o principal componente estrutural das plantas lenhosas e plantas não lenhosas como a grama, e representa uma importante fonte de matéria orgânica renovável (BORTOLOZZO, 2011).

A biomassa dos materiais lignocelulósicos tem sua parede vegetal constituída principalmente por celulose, hemicelulose e lignina. A celulose é um polissacarídeo formado por moléculas de glicose ligadas através de ligações B-1,4 glicosídicas unidas entre si por ligações de hidrogênio.

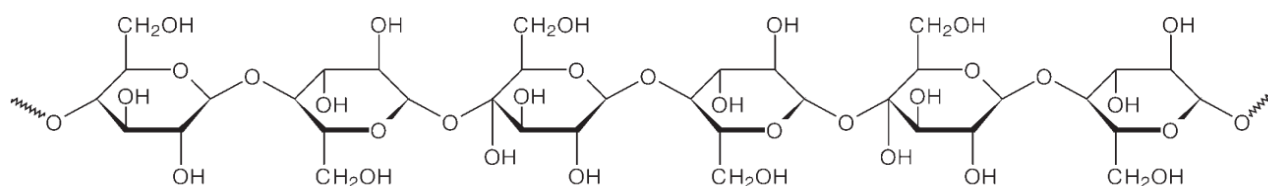


Figura 3 - Representação de uma cadeia linear de celulose formada por várias unidades consecutivas de celobiose.

Fonte: SANTOS (2005).

Cada camada adjacente de celulose é unida por forças de Van der Waals. Isso resulta em uma fibra compacta, capaz de impedir o acesso de enzimas e de moléculas pequenas como a água (FERREIRA, 2010).

Feixes de 40 moléculas de celulose formam as microfibrilas. As estruturas microfibrilares de celulose encontram-se embebidas em uma matriz composta por hemicelulose e lignina. A hemicelulose é um polissacarídeo ramificado de composição

heterogênea, por vários resíduos de açúcares pentoses (xilose e arabiose), hexoses (glicose, manose e galactose), ácidos urânicos e grupos acetila.

Segundo Collins et al. (2005), Xilana é o principal componente da fração hemicelulósica e o segundo polissacarídeo mais abundante na natureza.

As hemiceluloses são classificadas de acordo com o açúcar predominante na cadeia principal e na ramificação lateral. As principais hemiceluloses encontradas nas plantas são os xiloglucanos (XyG), os glucuronoarabixilanos (GAX) os mananos (MN) (FARINAS, 2011).

A lignina está presente nas paredes celulares secundárias. É um polímero complexo de muitas cadeias de monômeros quimicamente distinto. Segundo Ferreira (2010) a lignina é uma macromolécula rica em aromáticos mais abundante da terra, sendo constituídas de unidades de fenil-propano não fermentáveis. Está diretamente envolvida nas ligações cruzada entre moléculas de xilana e outros polissacarídeos.

Junto com a hemicelulose a lignina confere resistência mecânica, química e biológica contra fungos e bactérias para a parede da célula vegetal.

O etanol proveniente das biomassas lignocelulósicas destaca-se como uma tecnologia promissora, pois sua matéria prima é extremamente abundante, possui alta disponibilidade e tem baixo custo (FITZPATRICK et al., 2010).

Pode ser chamado de etanol de segunda geração (etanol 2G), obtido através de processos que transformam a celulose em glicose, usando enzimas, ou pré-tratamentos químicos, seguidas por um processo de fermentação.

A produção de etanol a partir de biomassa lignocelulósica lança mão de pré-tratamentos químicos/enzimáticos para a da celulose e da hemicelulose, fornecendo carboidratos (hexoses e pentoses), que posteriormente podem ser convertidos a etanol por microrganismos fermentadores (SANTOS, 2012).

Observa-se na tabela 1 a composição química parcial de algumas biomassas.

Tabela 1 - Composição de biomassas lignocelulósicas

Biomassas Lignocelulósicas	Celulose (%)	Hemicelulose(%)	Lignina (%)
Palha de cana	40-44	30-32	22-25
Bagaço de cana	32-48	19-24	23-32
Madeira dura	43-47	25-35	16-24
Madeira mole	40-44	25-29	25-31
Talo de milho	35	25	35
Espiga de milho	45	35	15
Algodão	95	2	0.3
Palha de trigo	30	50	15
Sisal	73,1	14.2	11
Palha de arroz	43,3	26.4	16.3
Forragem de milho	38-40	28	7-21
Fibra de coco	36-43	0.15-0.25	41-45
Fibra de bananeira	60-65	6-8	5-10
Palha de cevada	31-45	27-38	14-19
Casca de aveia	30.51	28.63	23.09
Forrageiras	45	31.4	12
Bambu	59.5	22.8	19.7
Eucalyptus grandis	40.2	15.7	26.9
Eucalyptus globulus	46.3	17.1	22.9

Fonte: Adaptado de SANTOS (2012).

Segundo Sarkar et al. (2012), a produção de etanol a partir de biomassa lignocelulósica residual pode ampliar até 16 vezes a sua produção anual do combustível, estimando-se 491 bilhões de litros. Além do aproveitamento de resíduos, o etanol de segunda geração não compete com áreas agricultáveis para a exploração de alimento. (NYKO et al. (s/d) apud ATLAS 2008).

Dentre as diversas biomassas e resíduos agrícolas com características distintas que podem ser utilizadas como matéria-prima para produção de biocombustíveis, destacam-se os restos culturais da lavoura do abacaxi (*Ananas comosus* L.).

A cultura é a terceira fruta tropical mais cultivada no mundo, sendo o Brasil um dos maiores produtores mundiais junto com Tailândia, Filipinas, Costa Rica, China, Índia e Indonésia.

No Brasil, berço do abacaxizeiro e segundo maior produtor mundial, a cultura é economicamente explorada na maioria dos estados, dando uma importante contribuição à geração de renda e emprego (SOUZA; SOUZA, 2000).

Como subproduto da industrialização do abacaxizeiro pode-se obter etanol, ácidos cítrico, málico e ascórbico e rações para animais. A planta possui uma enzima desdobrada de proteínas chamada bromelina, utilizada na indústria farmacêutica (RIBEIRO, 2005).

O abacaxizeiro desponta como matéria-prima de alta qualidade para a produção de etanol, com teores de açúcares de 4,7 t/ha (fruto) e 5 t/ha (caule mais folha) (CARVALHO et al., 1985). Quando comparada com outras culturas, como a cana de açúcar, o abacaxizeiro é uma planta com necessidades hídricas relativamente reduzidas. A sua adaptação a condições de deficiência hídrica decorre de uma série de características morfológicas e fisiológicas típicas de plantas xerófilas.

5 PRÉ-TRATAMENTO

Devido à complexidade estrutural da parede celular vegetal, a produção de etanol a partir da biomassa de resíduos agrícolas necessita passar por conversão na estrutura da celulose e da hemicelulose em açúcares fermentáveis.

Dantas (2013) descreve a produção de etanol em três fases, sendo a primeira fase constituída pelo pré- tratamento da biomassa, a segunda a e a terceira pela fermentação.

Nos últimos anos vários métodos de pré-tratamentos vêm sendo estudados, como os químicos, físicos, biológicos ou a interação entre os pré-tratamentos.

Segundo Moiser et al. (2005), o pré-tratamento é necessário para modificar a estrutura da biomassa lignocelulósica, a fim de tornar a celulose mais acessível às enzimas que convertem os polímeros de hidratos de carbono em açúcares fermentescíveis.

De acordo com Hamelinck et al. (2005), caso não haja pré-tratamento, o rendimento da fermentação é inferior a 20%, em contraste com rendimentos superiores a 90% quando ocorre o tratamento.

O pré-tratamento químico é o método mais estudado nas últimas décadas. O processo envolve o uso de ácidos ou bases concentrados ou diluídos, combinados com calor e ou pressão, a fim de quebrar a estrutura rígida do material lignocelulósico.

O pré-tratamento com ácido envolve o uso de ácidos concentrados e diluídos para quebrar a estrutura rígida do material lignocelulósico.

Lee et al. (1999) destacam o uso do ácido sulfúrico (H_2SO_4) como meio de pré-tratamento para a fermentação enzimática da celulose. No processo com ácido concentrado, Rodrigues (2007) observou que no bagaço de cana de açúcar em altas concentrações ácidas ocorreu rápida quebra da celulose e da hemicelulose, e, por conseguinte, um menor tempo dessa biomassa no reator.

No estudo realizado por em Morais e Broetto (2013) comparando ácido concentrado e diluído, os autores concluíram que durante o processo com ácido concentrado houve

corrosão das partes metálicas do reator. Vale ressaltar que durante o processo o custo para recuperação do ácido concentrado é alto (SIVERS; ZACCHI, 1995), tornando assim viável para operação em larga escala a adoção do tratamento com ácido diluído.

Para Saha et al. (2005), o pré-tratamento com ácido diluído tem a vantagem de não apenas solubilizar a hemicelulose, mas também de convertê-la em açúcares fermentescíveis, o que elimina ou reduz a necessidade de se utilizar hemicelulases nos complexos enzimáticos durante a etapa de enzimática. Porém, existe a necessidade de neutralização do pH antes dessa.

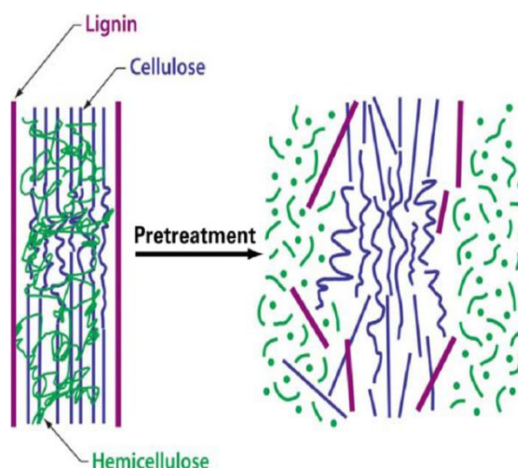


Figura 4 - Alterações estruturais da celulose, hemicelulose e lignina após pré-tratamento.
Fonte: Bhatia (2012).

Parameswaran et al. (2010), concluíram que em cascas de arroz o ácido sulfúrico (H_2SO_4) foi o principal pré-tratamento utilizado para posterior hidrólise enzimática da celulose e tratamento da hidrólise da hemicelulose.

Martín et al. (2007) realizou o pré-tratamento com H_2SO_4 diluindo diferentes resíduos agrícolas como bagaço de cana, casca de arroz, cascas de amendoim e mandioca. As diferentes biomassas foram submetidas a uma temperatura de $120\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 20, 40 e 50 minutos, utilizando uma concentração de ácido a 2% a uma razão de líquido para sólido de 1: 10. Nos diferentes resíduos o açúcar aumentou com o tempo da reação.

Cassales et al. (2011) realizou estudos com casca de soja e a remoção da hemicelulose ocorreu através da hidrólise ácida.

Recentemente Rojas (2012) concluiu que é necessário realizar a remoção de hemicelulose por hidrólise ácida de modo sequencial à proteolítica das proteínas da casca de soja.

O setor canavieiro destaca-se na produção de etanol a partir de resíduos agroindustriais. Segundo Rossell; Zainaghi (2008) o processo de produção de etanol que

permite o melhor ganho na relação custo e benefício é o da cana de açúcar, pois, além do custo de produção ser mais baixo por litro produzido, é o que possui o melhor balanço energético.

Diversas pesquisas no cenário nacional e internacional estão sendo realizadas com os resíduos da agroindústria canavieira (bagaço da cana ou palhada) (GONG; CHEN; CHEN; 1993), (DOMINGUEZ; GONG; TSAO 1996), (NEUREITER et al., 2002);CHENG et al., 2008).

Moares e Boretto (2012) trabalharam com bagaço de cana de açúcar utilizando duas concentrações de H_2SO_4 7,0% e 9,0% em quatro combinações diferentes de tempo de 15, 30, 45 e 60 min em autoclavagem com temperatura constante de $121^\circ C$. Ocorreu de modo geral a liberação de açúcares redutores em todos os tratamentos, demonstrando um bom resultado como pré-tratamento para posterior hidrólise enzimática.

O processo de aquecimento da biomassa juntamente com uma solução ácida em um reator pode ter uma temperatura variando de $120^\circ C$ a $240^\circ C$ (BARBOSA, 2005). Segundo Bevilaqua (2010) para uma hidrólise com ácido sulfúrico diluído utiliza-se a concentração 0,1 a 10% de ácido e a temperatura varia entre $100^\circ C$ e $160^\circ C$.

Rodrigues (2009) avaliou o pré-tratamento com H_2SO_4 , diluído em biomassa de bambu, forrageira e bagaço de cana. O autor ressaltou que o ácido pode efetivamente solubilizar a hemicelulose em açúcares monoméricos (arabinose, galactose, glicose, manose e xilose), melhorando a conversão de celulose em etanol.

Rodrigues (2009), também conclui que para pré tratar bambu, a condição mais indicada para o pré-tratamento é com ácido diluído na concentração de 1%, com um tempo de retenção de 60 minutos. Para o estudo feito com forrageira a concentração ideal do ácido foi de 0,5%, com tempo de 90 minutos, enquanto para o bagaço de cana-de-açúcar o pré-tratamento mais indicado seria o que utiliza 0,5% de ácido sulfúrico com um tempo de retenção de 30 minutos.

Gómez-Rueda (2010) realizou o tratamento do bagaço de cana de açúcar com ácido sulfúrico e ácido fosfórico. Os resultados mostraram que ambos pré-tratamentos podem levar a altos rendimentos de glicose na hidrólise enzimática. O melhor resultado de pré- tratamento para o ácido sulfúrico foi a $100^\circ C$ por 15 minutos e com 0,5%p/v.

Campos et al. (2013), também compararam a eficiência entre o ácido sulfúrico e ácido fosfórico (H_3PO_4), ambos diluídos no pré-tratamento de resíduos da cana-de-açúcar. O H_2SO_4 0,75% (v/v) apresentou maior eficiência no pré-tratamento do agro-resíduo para obtenção de etanol de segunda geração. Em contrapartida, o H_3PO_4 , nas condições de

temperatura e tempo utilizados, não gerou resultados satisfatórios. Com relação ao pré-tratamento utilizando H_3PO_4 , não houve uma concentração que se mostrasse eficiente no que se refere à remoção de hemicelulose e conservação da estrutura celulósica.

O processo de hidrólise da celulose e hemicelulose quebra as cadeias em hexoses e pentoses respectivamente, resultando na produção de etanol (ROSSEL; ZAINAGHI 2008).

Segundo Rodrigues (2009), os ácidos utilizados como catalisadores nos processos de hidrólise liberam prótons que atuam nas ligações glicosídicas entre os monômeros de açúcar nas cadeias poliméricas, assim com o rompimento destas ligações libera uma série de compostos, principalmente açúcares como xilose, glicose e arabinose.

A hemicelulose submetida a reações hidrolíticas pode produzir inibidores como furfural, hidroximetilfurfural (HMF) e ácido fórmico, entre outros (FENGEL; WEGENER, 1989). Ramos (2001) ressalta algumas limitações do uso de ácido quando realizado pré-tratamento a vapor, os açúcares liberados na fração aquosa (hexoses e pentoses) podem ser fermentados a etanol, ácidos orgânicos, fitohormônios, pigmentos naturais e solventes, tais como a acetona e o butanol.

A fermentação alcoólica das pentoses gera baixo rendimento em etanol, geralmente atribuído à coprodução de xilitol e ácido acético e a baixa tolerância dos microrganismos ao produto gerado, tornando-se um desafio para indústria (RAMOS, 2001).

6 ABACAXI

O abacaxi é uma planta CAM (metabolismo do ácido das crassuláceas), caracterizando-se pelo fechamento dos estômatos durante o dia, impedindo a transpiração e a captação do CO_2 e do ar atmosférico. Dessa forma o CO_2 e o ar atmosférico são absorvidos durante a noite, sendo o CO_2 armazenado na forma de ácido málico nos vacuolos; o metabolismo CAM não permite grande acúmulo de matéria seca, mas economiza água (TAIZ; ZEIGERS, 2008).

Porém, Pimentel (1988) citando Osmond e Holtum (1981) menciona que apesar do comportamento das plantas CAM não permitir uma grande acumulação de matéria seca, e terem um menor consumo de água, algumas plantas CAM facultativas como o abacaxi podem atingir alta produtividade, quando funcionam com metabolismo fotossintético via C3.

Em condições ambientais adversas, como o estresse hídrico, as plantas retornam seu metabolismo fotossintético para CAM e a acumulação de matéria seca é reduzida.

Pimentel (1988), também citou Enavs (1975), que comparou algumas culturas com

diferentes metabolismos fotossintéticos e constatou os valores máximos de crescimento de matéria seca por hectare em um dia expressos em gramas:

O girassol (*Helianthus annuus*) planta C3 pode atingir valores de 68 gramas, milho (*Zea mays*) planta C4 de 52 gramas, cana de açúcar (*Saccharum officinarum*) C4 de 38 gramas, abacaxi (*Ananas comosus*) sendo uma planta CAM facultativa funcionando na via C3 28 gramas e a soja (*Glycine max*) C3 17 gramas. Os valores citados tendem a decrescer com decorrer dos dias.

O estado nutricional da planta influencia direta e indiretamente a fotossíntese e a respiração das plantas. A capacidade fotossintética de uma planta também altera-se de acordo com seu estágio de desenvolvimento. Segundo Malezieux (1993) o acúmulo de massa seca pelo abacaxizeiro está associado ao índice de área foliar e a habilidade das folhas de manterem a capacidade fotossintética por longo período.

6.1 Taxonomia

O abacaxi ou ananás, nomes pelos quais se conhecem tanto a planta como o fruto, pertence à família *Bromeliaceae*, que compreende aproximadamente 46 gêneros e cerca de 1.900 plantas herbáceas.

6.2 Variedades

As principais variedades de abacaxi são do grupo: Smooth Cayenne com a ocorrência nos principais países produtores do mundo, grupo Spanish, Queen, Perola ou Branco de Pernambuco, sendo esse grupo cultivado exclusivamente no Brasil (Py et al., 1984 apud Carvalho, 2009).

6.3 Morfologia e Descrição geral

O abacaxizeiro consiste de um caule (talo) curto e grosso circundado por folhas em forma de canaleta, seu sistema radicular e fasciculado superficial e fibroso, sendo encontrado geralmente a uma profundidade de 0- 30 cm do solo. Uma planta adulta mede entre 1,00 a 1,20 m de altura e entre 1,30m e 1,50 de diâmetro quando em produção.

As folhas ou projeções laterais que envolvem o caule, o pedúnculo e rebentos são classificados de acordo com seu formato e posição, em A, B, C, D, E, F (Krauss, 1948b apud Cunha et al., 1999); dessas a D é a mais jovem entre as adultas e a mais ativa de todas, sendo por isso utilizada para avaliar o crescimento nutricional da planta.

6.4 Aspectos Agroclimáticos

O abacaxizeiro é uma planta de clima tropical, apresentando ótimo crescimento e melhor qualidade do fruto na faixa de temperatura de 22° a 32°C e com amplitude térmica, entre dia e noite, variando de 8° a 14°C. Temperaturas acima de 32°C reduzem o crescimento da planta, e podem causar queimas em frutos na fase de maturação final (REINHARDE et al., 2000), dependendo das condições climáticas.

Segundo Simão (1998), frutos colhidos durante o verão apresentam melhor qualidade do que os amadurecidos durante o inverno. Apresentam mais aromáticos e mais ricos em sólidos, menos ácidos e com maior conteúdo de óleo volátil.

O ciclo da cultura pode variar de 12 a mais de 24 meses, cujo principal fator é a temperatura. Segundo Py et al. (1984 apud CARVALHO, 2005) a faixa ótima para o crescimento das raízes e das folhas se situa entre 22 e 32°C. Diferença de amplitude de temperatura durante o dia (24 horas) entre 12 e 14° C melhora sensivelmente a qualidade do fruto.

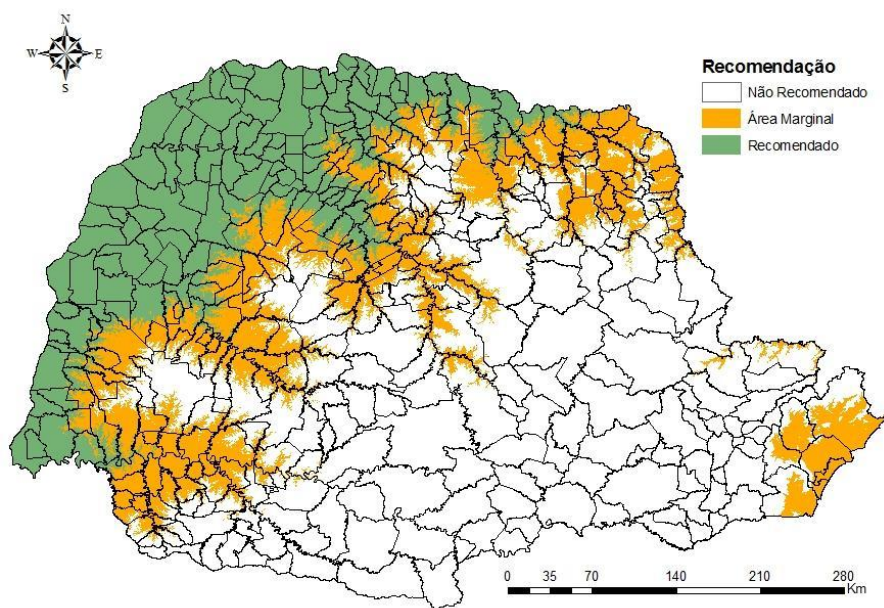


Figura 5 - Zoneamento da cultura do abacaxi no Paraná

Fonte: IAPAR (2009).

A altitude exerce influência sobre a planta e o fruto. Altera o porte da planta, a forma dos frutos, a cor e o sabor da polpa. Em altitudes elevadas, a planta, a folha e os frutos são menores do que os da mesma variedade em terrenos baixos. A altitude mais favorável está entre zero e 400 metros. À medida que a altitude se eleva, também aumenta o ciclo vegetativo da planta.

A pluviosidade é outro fator climático de grande importância para a cultura do abacaxi. Tendo em vista a baixa transpiração e o uso eficiente de água, o abacaxizeiro pode manter bons níveis de produtividade, mesmo em regiões onde a disponibilidade de água é limitada.

Segundo Almeida (2001) o cultivo comercial de abacaxizeiro exige, em geral, uma quantidade de água equivalente a uma precipitação mensal de 60 a 150 mm. Segundo Souza; Reinhardt (2000) a demanda de água do abacaxizeiro, a depender do seu estágio de desenvolvimento e da umidade do solo, varia de 1,3 a 5,0 mm dia. Outro aspecto importante, quanto ao aproveitamento de água pela cultura é a própria forma de canaleta de suas folhas e sua arquitetura.

Tais informações permitem distinguir os diferentes estádios de crescimento e identificar problemas no desenvolvimento da cultura, contribuindo para a adoção de práticas agrônomicas específicas e subsidiar pesquisas nas diferentes fases do ciclo. (ZHANG; BARTHOLOMEW, 1993; SOUZA et al., 2007).

Para a instalação da cultura no local de plantio devem ser examinados o clima, tipo de solo, permeabilidade, fertilidade, profundidade, capacidade de retenção de água e a possibilidade de drenagem (MANICA, 2000).

6.5 Indução Floral

O desenvolvimento do abacaxizeiro é dividido em três fases: vegetativa, reprodutiva e propagativa. A fase reprodutiva inicia-se na diferenciação floral e vai até a colheita dos frutos. (CUNHA, 1985). O florescimento pode ocorrer naturalmente ou através do uso de produtos químicos, “indução artificial”.

Dependendo do estado nutricional da planta, e do seu estágio fisiológico, uma diferença mínima de temperatura entre o dia e a noite pode provocar o florescimento, ou apenas acentuar seu efeito planta de dia curto. (RABIE et al., 2000). O Fotoperiodismo é tido como planta de dias curtos; a duração dos períodos de luz e de escuro está geralmente relacionado com o ciclo da cultura, influenciando diretamente na floração.

Segundo Sampaio et al. (1997) a diferenciação floral natural pode contribuir para a diminuição do rendimento quando ocorre de maneira desuniforme, pois determina variações na época de maturação dos frutos, dificultando os tratamentos fitossanitários e a colheita.

O uso de produtos químicos na indução floral artificial do abacaxizeiro é uma tecnologia imprescindível, quando se pretende a uniformização da colheita e maior controle sobre sua época de ocorrência (CUNHA, 2009).

As plantas de abacaxi, após serem induzidas para florescimento e frutificação, têm o seu crescimento vegetativo praticamente paralisado, passando a direcionar o seu metabolismo para o desenvolvimento dos frutos (MARQUES et al., 2011).

Segundo Larcher (2004), durante a floração e frutificação das plantas cultivadas o aumento da capacidade fotossintética é observado, se os frutos são removidos a capacidade fotossintética diminui. Isso ocorre porque grande parte dos carboidratos é desviada para os frutos. A produção final de matéria seca de uma planta depende da quantidade de radiação solar absorvida pelas folhas e da eficiência com que convertem a energia radiante em energia química através da fotossíntese (RADIN, 2002).

Segundo Carvalho et al.(2005) conhecendo-se as condições climáticas da região cultivada e o período entre a indução da florada e a colheita, pode-se planejar e escalonar a produção através da época de indução artificial da floração. O autor explica que o período entre a florada e a colheita é determinado pela soma térmica, expressa em graus-dia, é o acúmulo da temperatura média diária subtraindo-se a temperatura-base, acima da qual a planta consegue desempenhar suas funções fisiológica.

De acordo com o mesmo autor na região norte do Paraná a indução artificial do florescimento do abacaxizeiro da variedade Smooth Cayenne, realizada em abril, antecipa a emissão da inflorescência e a colheita em até 15 dias em relação às induções feitas nos meses de maio e junho.

6.6 Solos

O abacaxizeiro possui um sistema radicular superficial, delicado e altamente suscetível à água estagnada. Desenvolve-se em uma faixa ampla de solos, mas prefere os solos argilo-arenosos, bem drenados, de boa profundidade e com pH entre 4,5 e 5,5 (BARREIRO NETO; SANTOS, 1998).

6.7 Fertilidade e Nutrição

A planta apresenta pouca exigência quanto ao pH do solo. Prefere terrenos com pH em torno de 5, ricos em matéria orgânica, nitrogênio e potássios. (SIMÃO, 1998). Embora cultivado em solos de baixa fertilidade, o abacaxizeiro é muito exigente em elementos minerais. A cultura extrai aproximadamente 350 kg ha⁻¹ de N, 30 kg ha⁻¹ de P e 500 kg ha⁻¹ de K, em cultivos com 50.000 plantas ha⁻¹.

Segundo Malavolta (1982), as exigências do abacaxizeiro em nutrientes seguem a

seguinte ordem decrescente de macronutrientes: K, N, Ca, Mg, S e P, e de micronutrientes: Cl, Fe, Mn, Zn, Cu e B.

O potássio aumenta o teor de sólidos solúveis e a acidez, aumentando, também, o peso médio e o diâmetro do fruto. Tem importante função no estado energético da planta, na translocação e armazenamento de assimilados e na manutenção da água nos tecidos vegetais. Ele é essencial para o crescimento e desenvolvimento dos vegetais, na maturação dos grãos e frutos (FERNANDES, 2006). É responsável pela a qualidade dos frutos, ele o transporta a sacarose pelo floema; sua deficiência causa redução no crescimento e desenvolvimento das planta (REIS.L et al., 2012).

O Nitrogênio é o segundo nutriente mais demandado pela cultura. É o maior responsável pelo índice de área foliar (IAF), na produção de gemas vegetativas e floríferas, perfilhamento e vegetação de cereais (MALAVOLTA, 2006). É o principal nutriente responsável pelo aumento da produtividade do abacaxizeiro e a sua deficiência, em formas orgânicas ou inorgânicas, quase sempre resulta no comprometimento do crescimento da planta, da produtividade e da qualidade da produção (LACOEUILHE, 1971; SOUZA, 2000).

O conhecimento sobre a nutrição mineral do abacaxizeiro aponta no sentido de que o suprimento nutricional da planta deve ser feito prioritariamente na fase vegetativa do seu ciclo - período compreendido entre a instalação da cultura e o início do processo de florescimento (SOUZA; REINHARDT, 2004).

Para Rodrigues et al. (2013) a adubação do abacaxizeiro deve contemplar a reposição das quantidades de potássio e nitrogênio absorvidas pela planta e exportadas pelos frutos e mudas, e o estabelecimento de relações adequadas entre as doses destes nutrientes.

Quando a planta é nova, a absorção dos nutrientes do solo é muito pequena; segue-se um período de acumulação logarítmica com grande produção de massa seca, portanto uma maior absorção dos nutrientes; num período final, em que a planta entra no período de maturação fisiológica, fase de estabilização, a absorção é muito pequena ou mesmo nula (FAQUIN, 1994).

Diversos trabalhos têm revelado respostas positivas do aumento das doses de nitrogênio sobre o crescimento e a produção do abacaxizeiro de diferentes cultivares. (CARVALHO, 1981; SOUZA, 2000; SPIRONELLO et al. 2004; SILVA, 2006). Menores teores de nitrogênio apresentam redução da produção de abacaxi, e o seu suprimento proporciona desenvolvimento da planta e fruto (TEIXEIRA et al., 2002; GUARCONI, VENTURA, 2011).

Malézieux e Bartholomew (2003), afirmam que o aumento das doses de nitrogênio

promovem incrementos no diâmetro do talo, no comprimento e diâmetro do pedúnculo, embora seu excesso possa aumentar o risco de tombamento e a queima solar dos frutos.

6.8 Senescência e Resíduos

Após a década de 1970 o mundo vem estudando diversos resíduos como os sólidos e líquidos industriais, urbanos e agrícolas para o aproveitamento energético. (OLIVEIRA, 2011). Dentre as biomassas vegetais os resíduos agrícolas destacam-se por apresentarem um alto potencial de energia (WERTHER et al.,2000). Para Moers et al.(2011) os países com o cultivo agrícola ativo e em grandes dimensões cultiváveis são os maiores fornecedores de matérias-primas para a produção de bioenergia.

Entre esses resíduos destacam-se os da cultura do abacaxi, que normalmente são eliminados após a colheita do fruto, e plantada novamente com novas mudas. Isto porque a renovação da lavoura melhora as condições sanitárias, reduzindo a incidência de pragas e doenças. Em lavouras bem conduzidas, utiliza-se o rebentão ainda preso a planta mãe para produzir uma segunda safra, chamada de soca.

Com as folhas é possível preparar ração animal com alto valor nutricional na forma de feno. Da mesma forma coroas e talos podem ser utilizados para rações. Como subproduto da industrialização; do abacaxizeiro pode se obter etanol, ácidos, cítricos, málico e ascórbico, rações para animais. Possui uma enzima desdobrada de proteínas chamada bromelina utilizada na indústria farmacêutica (RIBEIRO; 2005).

Para Santos (2013) as folhas da planta são uma boa fonte de matéria prima para a produção de nanocristais de celulose que são empregados na indústria têxtil, automotiva, produção de embalagens, revestimentos, cosméticos, indústria farmacêutica, entre outras.

SIQUEIRA et al.(2011) ressalta que o uso das cascas da fruta em geleias e em barras de cereais torna-se uma alternativa econômica e viável na produção de alimentos para humanos.

Silva (2011) estudou a obtenção de xilitol a partir de restos da agroindústria de suco de abacaxi e estimou um rendimento teórico em etanol de $0,333 \text{ kg}^{-1}$ de bagaço de abacaxi. Quando este autor comparou seus resultados com os obtidos por CHANDEL et. al. (2007) observou que em relação a alguns resíduos lignocelulósicos, o bagaço de abacaxi apresentou rendimentos de etanol superiores em 20% ao bagaço de cana-de-açúcar, 30% à palha de arroz e 50% aos restos de eucalipto.

Segundo Matos (2005) a produção de resíduos agrícolas é variável, pois depende da espécie cultivada, o destino da mesma, das condições climáticas e da fertilidade do solo, entre

outros.

6.9 Produção no Brasil

O abacaxi no Brasil contribui com uma produção de 3,083 milhões de toneladas. Os estados de Minas Gerais, Paraíba e Pará são os principais produtores dessa fruta e segundo o IBGE (2009) participam com 50,6 % da produção nacional. Tendo em vista as condições climáticas e territoriais, altamente favoráveis a produção de frutas o Brasil tem condições de se tornar um dos maiores polos produtivos de frutas frescas para o mercado mundial. (NACHREIBER et al., 2003). A produção da fruta concentra-se nas regiões do nordeste, norte e sudeste.

Nos últimos quatro anos a produção brasileira (tabela 3) totalizou uma produção de 459 milhões de frutos em uma área de 236,739 mil hectares.

Tabela 2 - Produção brasileira de abacaxi

Ano	Área (ha)	Volume (mil frutos)
2008	65.982	1.712.365
2009	60.176	1.470.995
2010	55.533	1.488.875
2011	55.048	1.443.224

Fonte: Anuário Brasileiro da Fruticultura (2012)

Segundo Leal et al. (2009), o estado do Paraná apesar de estar inserido geopoliticamente na região Sul, possui clima um pouco diferenciado dos dois demais estados desta região. O norte e noroeste do estado caracterizam-se pela baixa frequência de geadas, qualificando-os como localidades aptas à exploração desta fruteira, como demonstra o zoneamento de cultivo para o estado (CARVALHO; AULER, 2009).

O noroeste está na formação do arenito Caiuá ocupa 16% (3,2 milhões de hectares) da área total do Paraná de 20 milhões de hectares, apresenta solos com alta suscetibilidade à erosão que, devido a sua fragilidade e manejo encontra-se em adiantado grau de degradação física e química com níveis críticos de matéria orgânica (IAPAR,1999).

Na região predomina a pecuária e 80% das áreas de pastagens estão degradadas ou em degradação. Leal et al. (2009) relata que a expansão das áreas de cultivo de abacaxizeiro é uma alternativa para reverter os crescentes quadros de degradação dos solos e das pastagens no noroeste do Paraná.

A abacaxicultura apresenta-se como opção para minimizar o êxodo rural, promovendo significativa geração de empregos no campo, constituindo uma opção interessante a ser

inserida na agricultura familiar. O cultivo da fruta gera empregos e promove o desenvolvimento econômico e social nas localidades que apresentam aptidão agrícola para a sua exploração comercial.

7 MATERIAL E MÉTODOS

7.1 Localização do Experimento

O experimento foi instalado em uma área comercial em Santa Isabel do Ivaí-PR, com latitude 22° 57' 52,35" S, longitude 53° 14' 56,86" W, altitude 470 m.



Figura 6 Área experimental (A), Biomassa residual (B).

7.2 Clima da Região

O clima está classificado, segundo Köppen clima subtropical úmido (Cfa) sempre úmido com verões quentes com temperaturas superiores a 22°C.

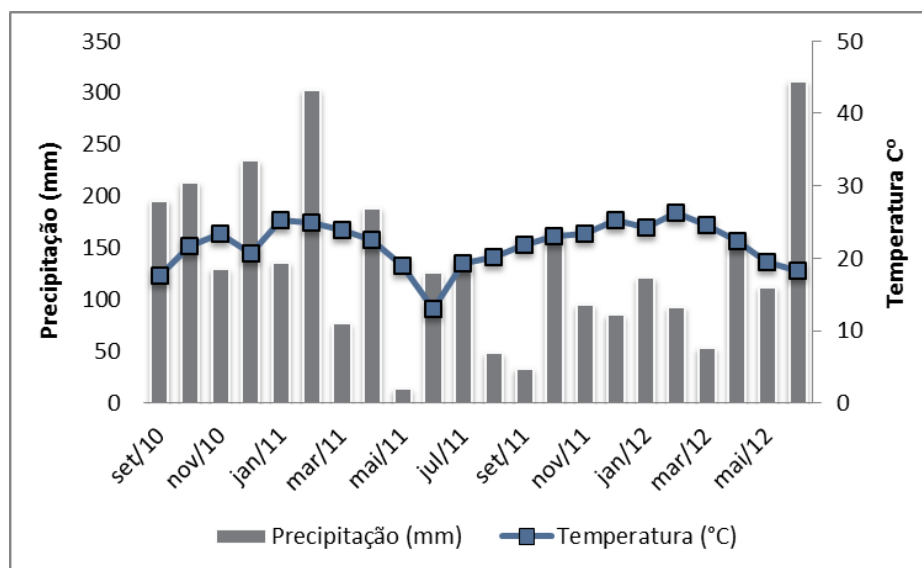


Figura 7 Precipitação pluvial e temperatura média anual durante o período de condução da cultura.

Fonte: Estação meteorológica do IAPAR – Paranavaí.

7.3 Solos

O solo da área está classificado como Argissolo Vermelho distrófico de textura arenoso típico (PDv). A saturação por bases é menor que 50% na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B.

7.4 Cultivar e Mudanças

Foi utilizada a cultivar Somoth Cayenne (Havaí), pois sua temperatura base de 15,8°C é bem adaptada às condições da região norte do Paraná. As mudas foram do tipo filhote, provenientes da região. Antes do plantio, as mudas foram selecionadas quanto sua sanidade. Fez-se necessário o tratamento com inseticida Imidacloprid 70% m/m sistêmico do grupo cloronicotínico, com imersão das mudas conforme recomendado pelo fabricante.

7.5 Plantio

Primeiramente, realizou-se a análise do solo e efetuou-se sua correção elevando a saturação por base a 60% com calcário dolomítico.

Tabela 3 - Características químicas do solo na camada de 0-0, 20 m, antes da instalação do experimento.

PH	K	Ca	Mg	SB	CTC	H+Al	Al	P	C	V(%)
cmol c dm ⁻³							mg dm ⁻³		g dm ⁻³	
5,2	0,05	0,87	0,65	1,57	4,3	2,73	0	4,8	5,84	34,8

Para adubação base foi aplicado nas covas 6,5g por planta do formulado 0-30-10. O plantio foi realizado na primeira quinzena de setembro de 2009. Adotou-se o sistema de plantio em linhas duplas, distantes 1,1m uma das outras. Entre linhas simples o espaçamento foi de 0,40m e entre plantas na linha de 0,35 m (1,10 x 0,40 x 0,35), totalizando 38.095 plantas ha⁻¹. Cada parcela foi formada por 1 linha dupla (32 plantas), sendo 5 plantas úteis e 2 linhas duplas como bordadura.

7.6 Tratamentos

A adubação nitrogenada foi feita com nitrato de amônio (NH₄) (NO₃) 34% de N, aplicado no solo próximo a axila das folhas basais. O potássio foi aplicado na forma de

cloreto de potássio (KCl) 60% de K_2O , ambos fracionados em quatro aplicações. As aplicações ocorreram aos 78, 154, 271 e 338 dias após o plantio.

Durante o desenvolvimento da cultura todos os tratamentos culturais foram realizados conforme o recomendado.

Tabela 4 - Fatorial dos tratamentos

Tratamentos	N	K₂O
1	0	0
2	0	11
3	0	22
4	0	33
5	11	0
6	11	11
7	11	22
8	11	33
9	22	0
10	22	11
11	22	22
12	22	33
13	33	0
14	33	11
15	33	22
16	33	33

7.7 Delineamento experimental

O delineamento experimental foi disposto em blocos casualizados (DBC), com três repetições, em um esquema fatorial (4x4), perfazendo 16 tratamentos sendo fator A: doses de N (0; 11; 22; e 33 gramas de N por planta) e Fator B: doses de K_2O (0; 11; 22; e 33 gramas de K_2O por planta).

Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias comparadas pelo teste Tukey. Para seleção do modelo de melhor ajuste foram observados a significância da regressão pelo teste F.

7.8 Preparação dos resíduos da lavoura de abacaxi

Decorridos 18 meses após o plantio, os frutos foram colhidos, as mudas do tipo filhote e do tipo rebentão foram retiradas e a biomassa residual da planta no campo foi pesada (peso verde). Amostras do material foram encaminhadas para estufa de circulação de ar forçada a 65 °C até atingirem o seu peso constante. A massa seca foi determinada pela relação entre o peso verde da amostra e o peso seco após a secagem.

7.9 Análises físico químicas

Após a biomassa residual atingir seu peso constante na estufa, o material foi homogeneizado e uma amostra de 10,0 gramas dessa matéria seca correspondente a cada tratamento (15 tratamentos) foi coletada.

Em seguida essas amostras foram trituradas em um moinho de facas tipo Willey com peneira de 0,5mm e realizada a determinação de celulose, hemicelulose, lignina, segundo a metodologia de Van Soest (1965) para cada tratamento.

7.9.1 Hidrolisado

Para realização dos experimentos da hidrólise foi escolhida a matéria seca dos resíduos da planta que entre os 15 tratamentos obtiveram melhores resultados na produção de frutos. Em seguida esse material foi homogeneizado e triturado em uma máquina forrageira modelo TRF 400F da marca Traap. O material foi classificado por meio de um conjunto de peneiras ABNT, sendo a fração escolhida de 0,84mm.

O planejamento experimental foi constituído de um fatorial três incompleto de Box- Behnken (3^3) totalizando quinze experimentos com três repetições do ponto central para a fim de estimar a variância do erro.

Experimento	X1	X2	X3
1	-1	-1	0
2	1	-1	0
3	-1	1	0
4	1	1	0
5	-1	0	-1
6	1	0	-1
7	-1	0	1
8	1	0	1
9	0	-1	-1
10	0	1	-1
11	0	-1	1
12	0	1	1
13	0	0	0
14	0	0	0
15	0	0	0

X₁=Valor codificado da concentração do ácido sulfúrico, X₂= Valor da Temperatura, X₃= Valor codificado do tempo. ****Ponto central**

Para cada experimento da hidrólise foi utilizado 1,5g de amostra da matéria seca, moída e homogeneizada com granulometria de 0,84mm e H_2SO_4 nas concentrações de: 1%, 1,5% e 2%.

As amostras foram colocadas em tubos de ensaio, em seguida foram adicionados 10 ml de água na temperatura de 80 °C.

Decorridos cinco minutos foi adicionado aos tubos às soluções nas diferentes concentrações do ácido conforme o planejamento. A razão massa/volume de biomassa/solução ácida adotada foi de 1:10 (m/m).



Figura 8 Hidrolisado (A), Fração sólida na estufa (B).

Os tubos foram vedados para evitar a evaporação da solução e acondicionados em uma estufa, onde permaneceram de acordo com o tempo cada tratamento.

Para interromper a reação depois da retirada dos tratamentos da estufa, os tubos foram submetidos a uma bacia com água fria.

A mistura hidrolisada foi separada por filtração, utilizou-se papel filtro. A fração líquida foi recolhida para análise de teores de açúcar a fração sólida foi lavada com água destilada e seca em estufa.

7.9.2 Açúcares Redutores

As determinações das concentrações dos açúcares sacarose, glicose e frutose, que compõem a fração solúvel foi realizada pela metodologia de Somogyi-Nelson (1944). O método baseia-se na transformação dos glicídios redutores em enedióis, quando aquecidos em meio alcalino, estes reduzem o íon Cu^{+2} em Cu^{+1} . O óxido cuproso (Cu_2O), que foi formado reduz o reativo arsênio molibídico de coloração azul cuja intensidade de cor é proporcional à

quantidade de açúcar presente na amostra. (SILVA, 2012).

A leitura foi realizada em espectrofotômetro a 540 nm e a curva analítica foi preparada com solução de D-glicose nas concentrações de 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 e 1,0 gramas por litro.

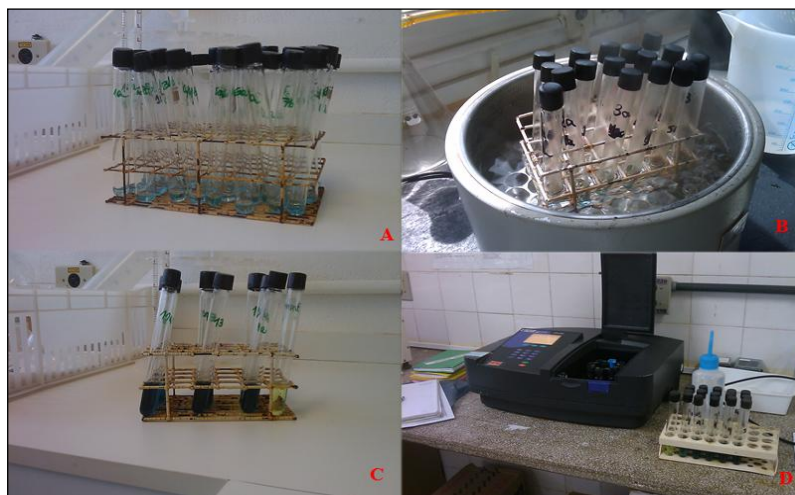


Figura 9 Tubos com a solução de Somogy(A), Banho Fervente 10minutos (B), Tubos com as soluções de Somogy e Nelson (C), Espectrofotômetro (D).

8 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve efeito significativo para as doses de nitrogênio e para as doses de potássio na produção da massa seca. Não houve interação entre as doses de nitrogênio e potássio (tabela 8).

Tabela 5 - Resumo da análise de variância da biomassa seca de abacaxi com diferentes doses de nitrogênio e potássio.

Causas de Variação	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Bloco	2	1.292.081	0.646041	0.914	0.4119
Doses de N(N)	3	16.561.638	5.520.546	7.809	0.0005**
Doses de K(K ₂ O)	3	17.821.312	5.940.437	8.403	0.0003**
N*K ₂ O	9	12.406.346	1.378.483	1.950	0.0824n/s
Erro	30	21.208.555	0.706952		
Média Geral:	54.290.104				
CV (%)	15.49				

**Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F, n/s Não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Para as doses de potássio a maior produção de massa seca ocorreu com 33g por planta, resultando em 5,88 ton ha⁻¹, correspondente a 1257 kg de potássio por ha⁻¹ ou 2,095

toneladas de KCl por ha⁻¹ (tabela 9). A melhor resposta para adubação nitrogenada ocorreu na dose de 11g por planta, com uma produção de 6,23 ton ha⁻¹ de massa seca.

Apesar de não ter ocorrido interação entre as doses de nitrogênio e potássio, a maior produção de massa seca ocorreu no tratamento com 11,0 gramas de nitrogênio por planta e 33 gramas de potássio, com uma produção de 6,93 toneladas ha⁻¹ de massa seca.

Tabela 6 - Valores médios da massa seca acumulada nas diferentes doses de nitrogênio e potássio.

Doses de N (g/planta)	Doses de K (grama planta)				Média	
	0	11	22	33		
0	3,0	5,1	4,3	5,9	4,6	C
11	6,2	5,5	6,2	7,0	6,2	A
22	5,7	5,0	5,7	6,0	5,6	Ab
33	4,1	5,6	4,6	6,8	5,3	Bc
Média	4,8 b	5,3 b	5,2 b	6,4 a		

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

O aumento das doses de potássio influenciou no peso da massa seca. Os resultados ajustaram-se a um modelo linear de regressão, resultando na equação: massa seca (ton ha⁻¹) = 0,44x + 4,702 R²= 0,79 (figura 10).

Durante a fase vegetativa a planta demanda alto consumo de potássio. Segundo Fernandes (2006) este é o cátion mais abundante na planta, sendo absorvido em grandes quantidades pelas raízes. Quando o solo apresenta baixo teor do nutriente às plantas respondem à adubação potássica.

Com base na análise do solo da área experimental os teores do nutriente encontravam-se em 19,54 mg dm⁻³, sendo considerado como nível médio para os solos do Paraná. O nutriente interfere principalmente na qualidade do fruto e também na produtividade da cultura (SOUZA, 1999), sendo o mais demandado pela cultura (MALAVOLTA, 1980; PAULA et al.,1985).

Os frutos constituem a principal via de exportação dos nutrientes, porém, ocorre a exportação também via material propagativo (coroas e mudas dos tipos filhote e rebentão). Em termos médios, por hectare, são extraídos: 178 kg de N, 21 kg de P (48 kg de P₂O₅) e 445 kg de K (536 kg de K₂O), resultando numa relação média de extração de 1,0: 0,12: 2,5, para N: P: K e 1,0: 0,27: 3,0, para N: P₂O₅: K₂O (SOUZA; REINHARDT, 2000).

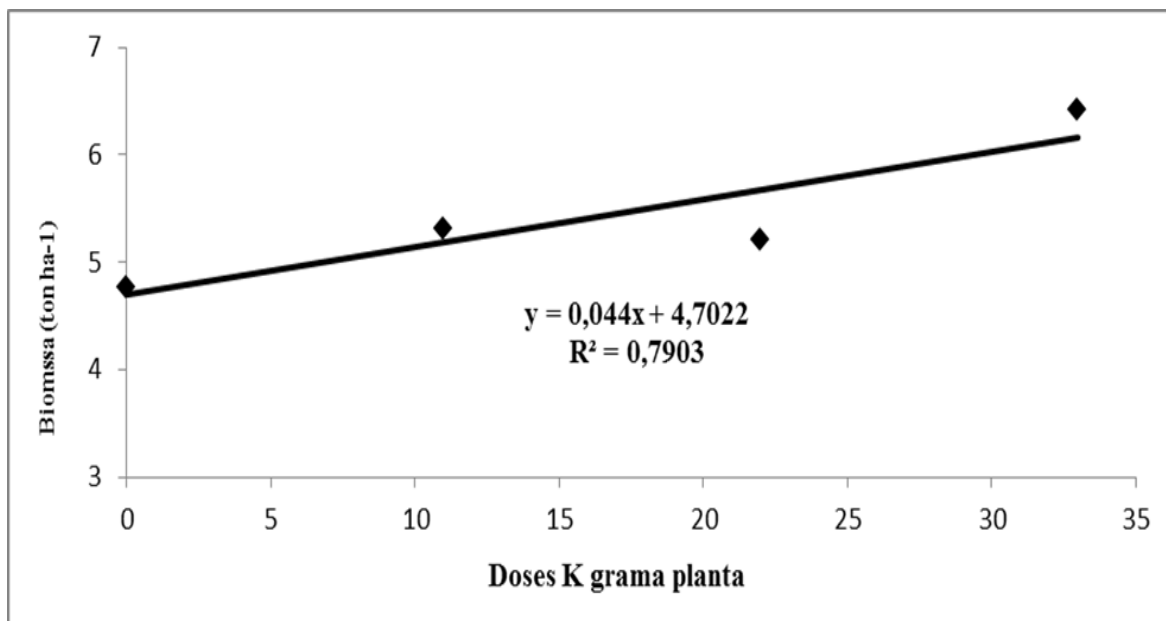


Figura 10 Efeito da dose de potássio (K20) sobre a biomassa residual.

Devido a esse consumo alto, a maior dose contribuiu para o incremento da biomassa, porém, não indica que possa ter ocorrido influência na massa média de frutos ou na sua produtividade. Gil et al. (2012) avaliaram os efeitos na produção de frutos de doses de potássio e nitrogênio iguais às do presente trabalho e nas mesmas condições de solo. Segundo os autores, a produção de frutos por hectare, a massa média de frutos e massa seca da folha D sofreram influência somente da adubação nitrogenada e a massa média da coroa não sofreu influência das adubações.

Também para Oliveira (2013) a adubação potássica não influenciou na produtividade do abacaxizeiro 'Imperial'. Diversos autores, que trabalharam com diferentes cultivares de abacaxi também obtiveram o mesmo resultado (TEIXEIRA et al., 2011; GARÇONI e VENTURA, 2011; RODRIGUES, 2009).

Em relação às doses de N, a produção de massa seca apresentou uma resposta quadrática, ajustando-se à equação: Massa Seca (ton ha⁻¹) = 0,004x²+0,1459x+4,7249 R²= 0,76 (figura 11).

O nitrogênio é o segundo nutriente mais demandado pelo abacaxizeiro, e, frequentemente, tem comandado a produtividade de frutos da cultura (SOUSA; REINHARDT, 2000). Isso também é relatado por diversos autores em diferentes cultivares de abacaxi (TEIXEIRA et al., 2002; MALÉZIEUX et al., 2003; SPIRONELLO et al., 2004).

A dose inicial de 11 gramas de nitrogênio corresponde a 419,045 Kg de N por ha⁻¹ e é o dobro da dose recomendada pela EMBRAPA (2003) para a cultura nas regiões de

sequeiro. A dose de 22 gramas corresponde aproximadamente 838 kg de N ha⁻¹ e de 33 gramas equivale a 1.257 Kg de N ha⁻¹. Na maioria das situações, considerando-se também outros países produtores de abacaxi no mundo, verifica-se que a adubação nitrogenada tem variado de 6,0 gramas a 10 gramas/planta (REINARHT, 2000; SILVA, 2009).

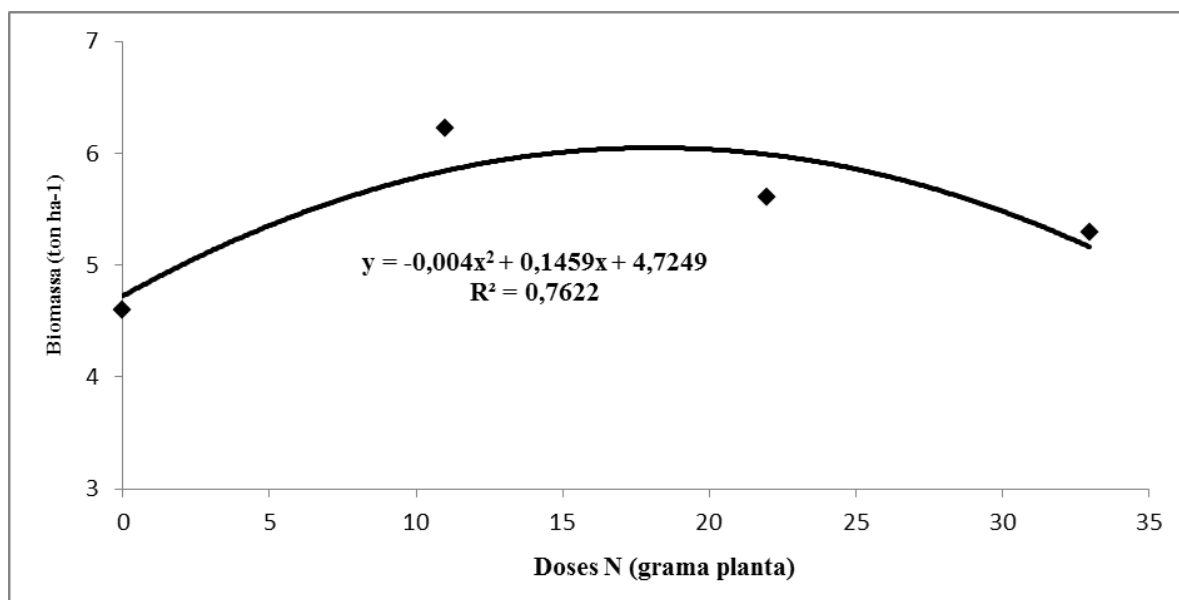


Figura 11 Efeito da dose de nitrogênio (N) sobre a biomassa residual.

Durante o desenvolvimento vegetativo a planta acumulou nitrogênio suficiente para a produção dos frutos e mudas. A acumulação de N durante o ciclo de cultivo pode atingir 230 kg hectare, sendo cerca de 27% deste acúmulo exportado pela colheita do fruto (SAN JOSÉ et al., 2007).

Marques et al. (2011) constataram que doses de 250 a 1000 Kg ha⁻¹ de N para a cultivar Smooth Cayenne propiciaram o incremento dos teores foliares deste nutriente, porém não alteraram a produtividade e a qualidade dos frutos. Para Silva et al. (2009), o aumento das doses de 409,0 e 439,0 kg ha⁻¹, respectivamente, não alterou a qualidade das infrutescências. Figura 3. Efeito da dose de nitrogênio (N) sobre a biomassa residual.

Caetano et al. (2013), observaram que a máxima produtividade de abacaxi da cultivar Vitória em um solo classificado como Espodossolo Humilúvico foi obtida com a adição de 647 Kg de N ha⁻¹. Na dose de 856 Kg de N ha⁻¹ houve aumento de 44,4% no número de mudas do tipo filhote e em 30% na produção total de mudas.

Medeiros et al. (2013), avaliou o acúmulo de biomassa do abacaxizeiro Vitória em diferentes doses de nitrogênio e densidade de plantio, a dose de 20 gramas de N planta ha⁻¹ e na maior densidade populacional de 126.984 plantas ha⁻¹ promoveu o incremento de

biomassa. No final do ciclo da cultura foi avaliada a biomassa residual e o as mudas com produção máxima de 231 toneladas ha⁻¹.

Em latossolo Vermelho de textura argilosa a adubação nitrogenada com 250 kg ha⁻¹ de N, foi a que apresentou melhores resultados de Brix, peso de frutos e produtividade do abacaxi Smooth Cayenne (TITAN; SANTOS, 2011).

8.1 Análises da composição química dos restos culturais da lavoura de abacaxi

Os restos culturais da lavoura de abacaxi apresentaram uma composição química média com os seguintes teores: celulose (22,02%), hemicelulose (21,83%) e lignina (7,70%) respectivamente (tabela 7). Os resultados para celulose e lignina foram bem menores quando comparados aos encontrados por Gouveia et al. (2009), que avaliaram metodologias para caracterização química do bagaço de cana de açúcar que obteve como resultados: celulose (48,16%), hemicelulose (8,00%) e de lignina (34,01%).

Ferreira et al.(2009), avaliaram capim elefante e resíduos da agroindústria de abacaxi para ensilagem; tanto para celulose (11,3%) bem como para lignina (10,5%) os resíduos de abacaxi apresentaram menores teores quando comparados aos do capim com: celulose (34,5%) e lignina (14,3%).

Tabela 7 - Composição química dos resíduos da planta de abacaxi

Tratamento	N	K ₂ O	% Celulose	% Hemicelulose	% Lignina
1	0	0	24.76	22.25	7.94
2	0	11	21.94	18.59	7.60
3	0	22	20.15	18.83	7.77
4	0	33	22.16	21.14	7.63
5	11	0	22.16	22.09	6.51
6	11	11	19.26	21.53	5.96
7	11	22	22.20	22.51	8.05
8	11	33	22.44	21.91	7.69
9	22	0	23.01	22.55	9.08
10	22	11	23.61	20.72	9.33
11	22	22	22.53	23.40	8.07
12	22	33	22.60	22.14	8.10
13	33	0	21.99	23.65	8.10
14	33	11	21.18	24.22	8.53
15	33	22	21.82	22.12	7.23
16	33	33	20.64	21.74	5.72

Depois da celulose, a lignina é a substância orgânica polimérica mais abundante nas plantas, porém, a alta concentração nas biomassas vegetais é inconveniente, uma vez que, ao ser tratada, libera diversos compostos fenólicos tóxicos aos microrganismos da fermentação e reduz a eficiência enzimática, adsorvendo nas enzimas, reduzindo ou inativando de forma irreversível sua atividade (BELKACEMI et. al., 1998). Sung e Cheng (2000) relataram que a presença de lignina afeta a produção de biocombustível à medida que impede a penetração de enzimas, atuando como um adsorvente não específico e pode dar origem a produtos de degradação, que são inibitórios para a sacarificação e fermentação.

Junior et al.(2006), avaliaram restos da agroindústria de frutas: abacaxi, acerola, goiaba, maracujá e melão. Os restos eram constituídos das cascas podendo haver presença de polpas e sementes quando presente. Os teores de celulose e lignina analisados foram os menores nos restos da fruta de abacaxi. Para a componente lignina os restos da fruta apresentou o valor de (5,29%), bem menor quando comparado aos teores encontrados na acerola (20,11%), goiaba (18,50%), maracujá (9,45%) e melão (16,61%).

Em uma caracterização química realizada por Silva (2009), nos resíduos de uma indústria de sucos de abacaxi (bagaço e coroa), os valores encontrados foram: celulose (31,69%), hemicelulose (38,18%) e lignina (15,1%), sendo maiores em relação aos restos das plantas analisados no presente trabalho.

Vários fatores podem diferenciar a composição química de uma planta como: adubação, clima, solo, estruturas diferentes de uma mesma planta, e estadios de desenvolvimento. Para Malavolta (1980), a maior parte do nitrogênio orgânico do solo parece estar ligado a lignina.

Em forrageiras a composição mineral de espécies varia devido a uma série de fatores, entre os quais se destacam: solo e adubações realizadas, diferenças genéticas entre espécies, variedades, estações do ano e intervalo de cortes (2008). Estudos realizados por MACEDO et al.(2012), em silagens de sorgo com diferentes doses de nitrogênio nas adubações constataram que o teor de lignina da silagem aumentou com a dose de nitrogênio, enquanto o teor de hemicelulose reduziu. Para Meschede et al.(2012), em cana de açúcar, com a aplicação de reguladores vegetais durante o desenvolvimento da cultura, mostraram que esses compostos químicos são capazes de modificar a morfologia da planta, promovendo o aumento e a redução nos teores de lignina.

8.2 Açúcares redutores (AR) obtidos no pré – tratamento ácido

Curva padrão construída a partir de uma solução com de glicose (100mg/ml). Para cada tratamento aplicado se obtêm diferentes resultados de açúcares redutores.

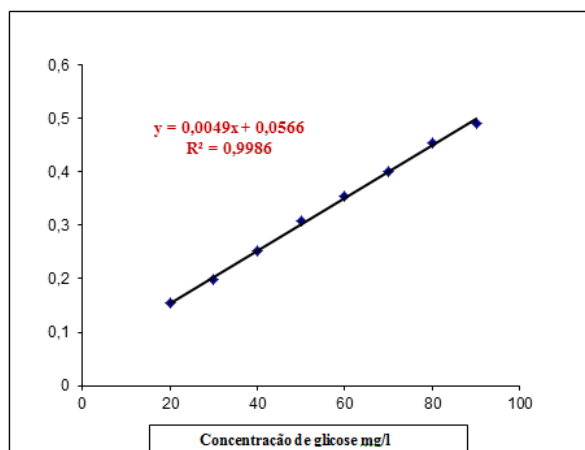


Figura 12 Curva Padrão

Analisando as respostas da matriz do planejamento (tabela 11) observa-se que o melhor tratamento para a liberação de açúcar redutor (AR) foi o décimo segundo, com o resultado com 7,82%, seguido do décimo primeiro 7,11% e dos tratamentos três (6,76%) e sete (6,29%) de açúcares redutores.

Tabela 8 - Matriz do planejamento com as variáveis descodificadas e a concentração de açúcar redutor.

Experimento					Resposta			
	%H ₂ S0 ₄	°C	T (Min)	%AR				
1	-1	-1	0	1	120	30	3,87	
2	1	-1	0	2	120	30	4,13	
3	-1	1	0	1	160	30	6,76	
4	1	1	0	2	160	30	5,91	
5	-1	0	-1	1	140	10	1,71	
6	1	0	-1	2	140	10	2,07	
7	-1	0	1	1	140	50	6,29	
8	1	0	1	2	140	50	4,78	
9	0	-1	-1	1,5	120	10	1,77	
10	0	1	-1	1,5	160	10	1,71	
11	0	-1	1	1,5	120	50	7,11	
12	0	1	1	1,5	160	50	7,82	
13**	0	0	0	1,5	140	30	3,72	
14**	0	0	0	1,5	140	30	3,91	
15**	0	0	0	1,5	140	30	3,71	

**Ponto central

Nas mesmas condições do ponto central, Silva (2011) obteve com um hidrolisado do bagaço de abacaxi 11 gramas litros (g L) de xilose e 4 gramas litro (g L) de frutose. Estudos realizados em torta do caroço de algodão, com concentrações de H₂SO₄ a 6% e o tempo de 50 minutos, o valor máximo de açúcar redutor obtido foi de 11,31% (SILVA, 2012).

Cruz et al.(2000), relata que sabugo de milho, hidrolisado na concentração 2% (m/v) H₂SO₄ na temperatura de 130⁰C por um tempo de 15 minutos, libera 42,9 g L de açúcar redutor.

Esteves (2011) que avaliou diversos pré-tratamentos com H₂SO₄ no bagaço de cana de açúcar, obteve como melhor resultado : 5,18 g L (0,518%) de AR, nas condições de 3% H₂SO₄, na temperatura de 160⁰C por 40 minutos.

Para Moraes e Broetto (2013) o bagaço de cana de açúcar hidrolisado nas concentrações do ácido H₂SO₄ de 7 e 9%, com temperatura de 121⁰C e os tempos de 30 e 45 minutos, liberou 6,89 g L (0,689%) e 6,60 g L (0,66%) de AR respectivamente. Fangkum e Reusang (2010) obtiveram a melhor porcentagem de açúcar redutor total (ART) no bagaço de cana de açúcar nas condições de 1% H₂SO₄, com temperatura de 121⁰C no tempo de 60 minutos, resultando em 11,28 g L de AR ou 1,128% de ART.

Os valores citados acima foram inferiores quando comparados aos hidrolisados dos restos agrícolas da lavoura de abacaxi. Segundo Howard et al.(2003), fatores pré estabelecidos como: concentração do ácido, tempo e temperatura, variam de acordo com a composição do material estudado.

Os valores experimentais obtidos foram ajustados ao modelo de segunda ordem conforme a Equação (1):

$$Y = \beta_0 + \sum \beta_i X_i + \sum \beta_{ij} X_i X_j + \sum \beta_{ii} X_i^2$$

Em que Y representa a variável de açúcar redutor (%AR), β_0 representa a constante e β_i , β_{ii} e β_{ij} correspondem aos coeficientes dos efeitos lineares, quadráticos e de interação, respectivamente. Xi e Xj são os níveis das variáveis independentes codificado das variáveis xi e xj.

A análise de variância (ANOVA) foi utilizada na análise de regressão aos dados experimentais e das superfícies de resposta. A qualidade do ajuste do modelo quadrático foi expresso pelo coeficiente de determinação (R^2).

$$\text{AR}\% = 3,780000 - 0,217500 x_1 + 0,665000 x_2 + 2,342500 x_3 + 0,248750 x_1^2 + 1,138750 x_2^2 - 0,316250 x_3^2 - 0,277500 x_1.x_2 - 0,467500 x_1.x_2 - 0,192500 x_2.x_3 .$$

O tempo (X3) é a variável que apresentou um efeito linear significativo e quadrático, sendo ambos positivos. Isso indica que quanto maior for o tempo da reação, maior será a liberação de AR para o meio.

A concentração do ácido (X1) apresentou um efeito linear e quadrático negativo. A variável correspondente à temperatura (X2) apresentou efeito quadrático negativo e um efeito linear positivo para a liberação do AR. Assim, com aumento da temperatura libera-se mais AR durante a hidrólise. Vale ressaltar que em temperaturas muito altas os açúcares liberados são degradados.

Segundo Pedersen e Meyer (2010) em altas temperaturas os açúcares formados podem ser degradados e formar 5- Hidroximetil-2- furfural (HMF) ; estes se originam através da desidratação da frutose.

O HMF ao ser degradado pode resultar na formação de ácido fórmico e ácido levulínico (AL). O AL é o principal produto gerado pela hidrólise em meio ácido e em temperaturas próximas a 160°C (BEVILAQUA, 2010).

Segundo Pedrão et al. (1999), a degradação do HFM pode produzir como subprodutos compostos de coloração escuras. Em temperaturas superiores a 160°C. Pilath et al. (2010), observou o aparecimento de subprodutos particulados na cor marrom, indicando a formação de material insolúvel no meio reacional.

As unidades de glicose liberadas pela degradação da celulose sofrem desidratação intermolecular catalisada por ácidos e com isso são convertidos em HMF. Temperatura alta ou maior tempo de retenção quando são aplicados em um ensaio (experimento), os monossacarídeos formados serão posteriormente hidrolisados, acelerando a formação de furfural e HMF (COSTA et al., 2013). Assim, o tempo de reação é um fator muito importante na hidrólise ácida e se o tempo for superior à uma hora, uma perda significativa de xilose ocorre no processo devido a sua degradação (CRUZ et al., 2000).

A análise do gráfico de Pareto (figura13) possibilita observar os valores estimados dos efeitos de cada variável, bem como verificar se os mesmos foram ou não estatisticamente significativos a $p < 0,05$.

8.2 Açúcares redutores (AR) obtidos no pré – tratamento ácido

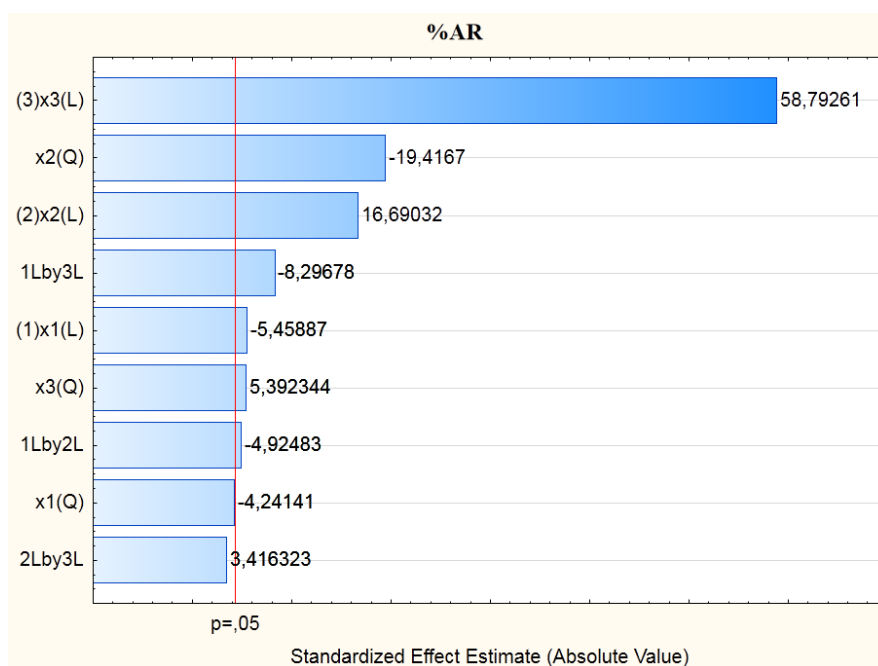


Figura 13 Gráfico de Pareto mostrando as variáveis significativas.

A equação (2) mostra o modelo obtido com os valores dos coeficientes valores dos coeficientes estatisticamente significativos.

$$AR\% = 3,780000 - 0,217500x_1 + 0,665000x_2 + 2,342500x_3 + 1,138750x_2^2 - 0,316250x_3^2 - 0,277500x_1 \cdot x_2 - 0,467500x_1 \cdot x_2$$

O melhor modelo ajustado apresentou o valor de R^2 de 92,791% e o modelo ajustado foi de 79,814%. As variáveis x_2 (temperatura) e x_3 (tempo) apresentaram-se significativa em nível de 5%.

Tabela 9 - Análise de variância dos açúcares redutores presentes no hidrolisado dos resíduos agrícolas da planta de abacaxi usando delineamento fatorial incompleto 3^3 .

Fonte de variação	G.L	Somas dos quadrados	Quadrado médio	F calc	F tab
Regressão	9	54,53093077	6,058992308	477,086008**	19,38
Desvio da regressão	3	4,22245	1,407483333	110,825459**	19,16
Erro	2	0,0254	0,0127		
Total	14	58,92157333			

**Para o modelo ser considerado estatisticamente significativo, o valor de F da regressão deve ser maior do que o tabelado.

Apesar do desvio da regressão ter sido significativo, o valor do coeficiente de determinação $R^2 = 92,79\%$ e a equação da regressão obtida também foram significativos. Isso indica que o modelo é válido e podemos utilizá-lo para fins preditivos.

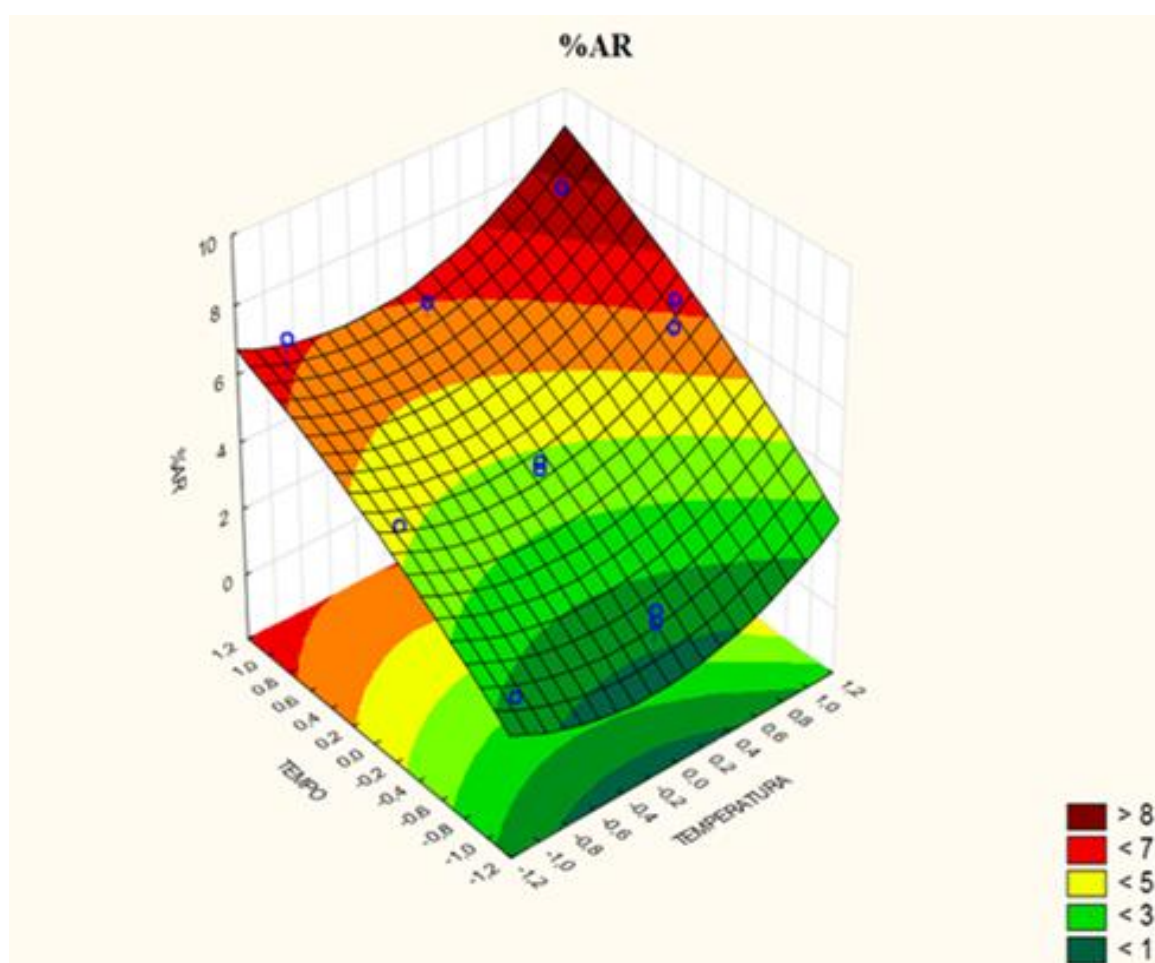


Figura 14 Superfície de resposta - temperatura em função do tempo

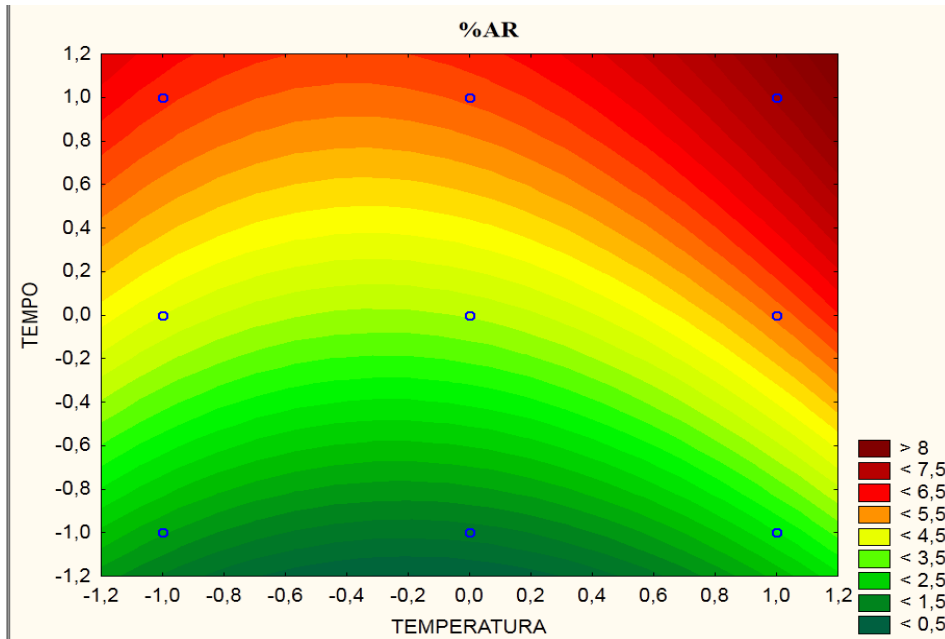


Figura 15 Curva de contorno para a temperatura em função do tempo.

Aplicando-se o teste t, constatou-se que o modelo da equação preditiva obtida pelo planejamento é válido, e o máximo valor obtido é de 8,34%.

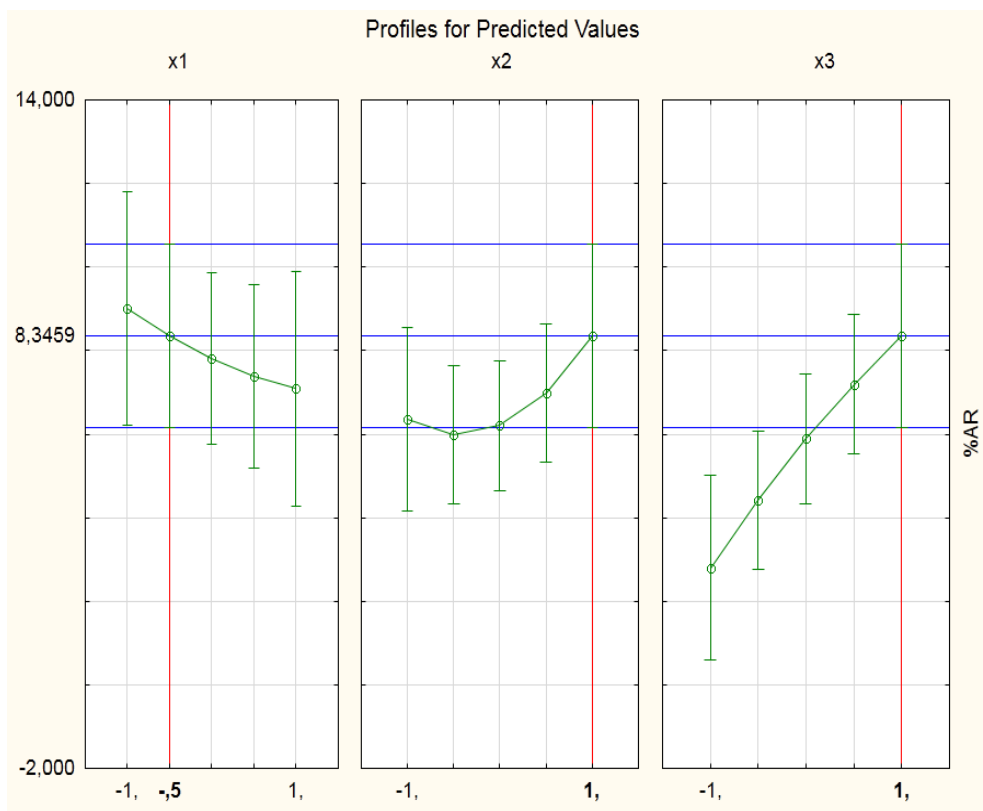


Figura 16 Ponto ótimo das variáveis independentes e dependentes.

Essas coordenadas indicam uma resposta máxima de açúcar redutor de 8,34% quando a concentração da solução de ácido sulfúrico for entre 1 e 1,5% na temperatura de 160°C por um tempo de cinquenta minutos.

9 CONCLUSÃO

A produção de biomassa residual de abacaxi apresentou respostas distintas às doses aplicadas de N e K na região noroeste do Paraná.

O N apresentou resposta quadrática, indicando ausência de resposta acima de 11 g planta ha⁻¹, e obteve para a dose, a produção máxima de 6,23 ton ha⁻¹ de massa seca, que corresponde a 419, 045 Kg de N por ha⁻¹.

O K apresentou resposta linear crescente até 33 g planta ha⁻¹, refletindo sobre a produção de biomassa e totalizando uma produção de 5,88 ton ha⁻¹ correspondente a 1257 kg de potássio por ha⁻¹.

Apesar de não ter ocorrido interação entre nitrogênio e potássio, houve um incremento na produção de massa seca residual, com as doses combinadas de 33 gramas de K e 11 gramas de N o que totalizou uma produção de massa seca residual de 6,93 toneladas ha⁻¹ que corresponde a 2,095 toneladas de Kcl por ha⁻¹ e 1,35(NH4) (NO3) toneladas ha⁻¹.

SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Em continuidade aos trabalhos realizados nessa dissertação, sugere-se:
- Avaliar as características físicas, químicas e estruturais da biomassa pré-tratada com ácido.
- Realizar o balanço de massa.
- Calcular o rendimento da hidrólise.
- Quantificar da formação de compostos inibidores no hidrolisado (ácido acético, ácido levulínico e Hidroximetilfurfuram HMF)
- Realizar hidrólise enzimática para posterior uso como meio de fermentação.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, O.A de.; **Irrigação na cultura do abacaxi: aspectos técnicos e econômicos**. Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas. Embrapa Mandioca e Fruticultura. Circular Técnica 41. 2001.

ANÁLISE de conjuntura dos biocombustíveis. 2012. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/Petroleo/Documents/An%C3%A1lise%20de%20Conjuntura%20dos%20Biocombust%C3%ADveis%20-%20boletins%20peri%C3%B3dicos/An%C3%A1lise%20de%20Conjuntura%20dos%20Biocombust%C3%ADveis%20%E2%80%93%20Ano%202012.pdf>>. Acesso em: 5 jan. 2014.

BACCHI, M. R. P. **Brasil gerando energia de biomassa limpa e renovável**. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada – CEPEA – ESALQ/USP, Piracicaba, julho de 2006. Disponível em: <http://www.cepea.esalq.usp.br/especialagro/EspecialAgroCepea_4.doc>. Acesso: 05. jan. 2014.

BADHAN, A. K.; CHADHA, B. S.; KAUR, J.; SAINI, H. S.; BHAT, M. K. Production of multiple xylanolytic and cellulolytic enzymes by thermophilic fungus *Myceliophthora* sp. **Bioresource Technology**, Barking, v. 98, n. 3, p. 504-510, 2007.

BARREIRO NETO, M.; CHOAIRY, S.A.; LACERDA, J.T.; SANTOS, E.S.; OLIVEIRA, E.F. **Caracterização do abacaxizeiro Pérola no Estado da Paraíba**. Pesquisa Agropecuária. Abacaxi, João Pessoa, v.10, p. 33-39, 1998.

BEVILAQUA, D. B. **Produção de ácido levulínico por meio de hidrólise ácida da casca de arroz**. 2010. 87 f. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

BELKACEMI, K.; TURCOITE, G.; HALLEUX, D.; SAVOIE, P. Ethanol production from afex-treated forages and agricultural residues. **Applied Biochemistry and Biotechnology**, v. 70-72, p. 441-462, 1998.

BÍBLIA. Português: Bíblia Sagrada. Tradução por João Ferreira de Almeida, Barueri- SP, 2008.

BHATIA. **AMB Express** 2012. Disponível em: <http://www.amb-express.com/content/2/1/65/figure/F3?highres=y>. Acesso: 05.Jan. 214.

BLEY JÚNIOR, C.; LIBÂNIO, J. C.; GALINKIN, M.; OLIVEIRA, M. M. **Agroenergia da biomassa residual: perspectivas energéticas, socioeconômicas e ambientais**. 2. ed. Foz do Iguaçu: Itaipu Binacional, 2009.

BORTOLOZZO, N.G. **Isolamento e seleção de fungos celulolíticos para hidrólise enzimática do bagaço de cana-de-açúcar**. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, São Paulo, 2011.

BRASIL. Empresa de Pesquisa Energética. **Balanco energético nacional 2013: ano base 2012: relatório síntese**. Rio de Janeiro: EPE, 2013.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. **Plano decenal de expansão de energia 2020**. Brasília: Empresa de Pesquisa Energética, 2011.

BRITO, J.O., BARRICHELO, L.E.G. **Usos diretos e propriedades da madeira para geração de energia**. Piracicaba: IPEF, 1979. 7p.

BUCUSSI, A. A. Introdução ao conceito de energia. **Textos de Apoio ao Professor de Física**, Porto Alegre, v. 17, n. 3, 2006. Disponível em:
<http://www.if.ufrgs.br/tapf/v17n3_Bucussi.pdf>. Acesso em: 5 jan. 2014.

CAETANO, L. C. S.; VENTURA, J. A.; COSTA, A. F. S. C.; GUARÇONI, R. C. Effect of fertilization with nitrogen, phosphorus and potassium on growth, yield and fruit quality of pineapple 'Vitoria'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 35, n. 3, p. 883-890, 2013.

CALADO, V.; MONTGOMERY, D. **Planejamento de Experimentos usando o Statistica**. Rio de Janeiro: E-papers, 2003. 260 p.

CAMPOS, L.M.A; CARVALHO, L.S; PONTES, L.A.M; ARAÚJO, C.R; CHEMMÉS, C.S; GARRIDO, C.V.S; SILVA, F.C; LEAL, S.C.S, MERCANDELLI, S.S.; **Avaliação do Tratamento Ácido do Agroresíduo da Cana-de-Açúcar para Obtenção de Etanol de Segunda Geração**. In: CAMPOS 2013. VII WORKSHOP Agroenergia- Ribeirão Preto.2013. Disponível em:
<http://www.infobibos.com/agroenergia/cd/Resumos/ResumoAgroenergia_2013_024.pdf>

CARVALHO, S.L.C.; AULER, P.A.M. **Abacaxi: cultivo nas condições subtropicais do Paraná**. INSTITUTO AGRONOMICO DO PARANÁ, IAPAR, 2009.

CARVALHO SLC de; NEVES CSVJ; BÜRKLE R; MARUR CJ. 2005. Épocas de indução floral e soma térmica do período do florescimento à colheita de abacaxi 'SmoothCayenne'. **Revista Brasileira de Fruticultura**. v.27, p.430-433, 2005.

CARVALHO, V. D.; CUNHA, G. A. P.; PAULA, M. B.; CHITARRA, M. I. F. Teores de carboidratos no caule de algumas cultivares de abacaxi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 2, p. 197-200, 1985.

CASSALES, A; SOUZA –CRUZ, P.B; RECH, R.; AYUB, M.A.Z. Optimization of soybean hull acid hydrolysis and its characterization as a potential substrate for bioprocessing. **Biomass & Bioenergy**, v.35, n11, p.4645-4683, Nov2011.

CHENG, K. K.; CAI, B. Y.; ZHANG, J. A.; LING, H. Z.; ZHOU, Y. J.; GE, J. P.; XU, J. M. Sugarcane bagasse hemicellulose hydrolysate for ethanol production by acid recovery process. **Biochemical Engineering Journal**, Amsterdam, v. 38, p. 105-109, 2008.

COLLINS, T.; GERDAY, C.; FELLER, G. Xylanases, xylanase families and extremophilic xylanases. **FEMS Microbiology Reviews**. v. 29, p. 3-23, 2005.

COELHO, S. T. **Medidas mitigadoras para a redução de emissões de gases de efeito**

estufa na geração termelétrica. Brasília: Dupligráfica, 2000.

COELHO, S.; MONTEIRO, M. B.; GHILARDI, A.; KARNIOL, M. R. **Atlas de bioenergia do Brasil.** São Paulo: CENBIO, 2008. Disponível em:

<http://cenbio.iee.usp.br/download/atlas_cenbio.pdf>. Acesso em: 01 mar. 2014.

COELHO, S.; MONTEIRO, M. B.; KARNIOL, M. R. **Atlas de bioenergia do Brasil.** São Paulo: CENBIO, 2012.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Cana-de-açúcar:** safra 2013/14.

Disponível em:

<http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_12_20_10_56_08_boletim_cana_p_ortugues_-_dez_2013_3o_lev_-_original.pdf>. Acesso em: 5 jan. 2014.

CRUZ, J.M.; DOMINGUES, J.M.; DOMINGUEZ, H., PARAJO, J.C. Preparation of fermentation media from agricultural wastes and their bioconversion to xylitol. **Food biotechnology**, v14, 14, p. 79-97, 2000.

COSTA, A.G; PINHEIRO, F. G. C.; SANTOS A.B; SANTAELLA, S.T; LEITÃO, R.C. Geração de metano a partir de resíduos lignocelulósicos oriundos da produção do biocombustível: revisão. **Revista DAE**, v 194.2013.

COUTO, L.C; COUTO.L; WATZALAWICK.D.C.Vias de valorização energética da biomassa. **Biomassa & Energia**. 2004, v. 1, n.1, p.71-92.

CORTEZ, D.M. **Utilização da biomassa no Mercosul**, 2008. Disponível em:

<<http://www.fao.org/docrep/T2363s/t2363s0k.htm>>. Acesso em: 18 dez. 20013.

CUNHA, G. A. P. Fisiologia da floração do abacaxizeiro. In: CARVALHO, C. A. L.; DANTAS, A. C. V. L.; PEREIRA, F. A. C.; SOARES, A. C. F.; MELHO FILHO, J. F.; OLIVEIRA, G. J. C. (Org.). **Tópicos em ciências agrárias**. Cruz das Almas: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2009. p. 54-75.

CUNHA, G. A. P.; CABRAL, J. R. S.; SOUZA, L. F. S. (Org.). **O abacaxizeiro: cultivo, agroindústria e economia**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999.

DANTAS, A.G. Alternativas de investimento do setor sucroenergético.2013.169.p. Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro -UFRJ, Rio de Janeiro. 2013.

DOMINGUEZ, J. M.; GONG, C. S.; TSAO, G. T. Pretreatment of sugarcane bagasse hemicellulose hydrolyzate for xylitol production by yeast. **Applied Biochemistry and Biotechnology**, Clifton, v. 57/58, p. 49, 1996.

ESTEVEZ, P.J. **Pré-tratamento do bagaço de cana-de-açúcar com H2SO4 diluído em reator piloto aquecido por vapor direto**. 2011. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Aplicada) - Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena, 2011.

FANGKUM, A.; REUSANG, A. Biohydrogen production from sugarcane bagasse hydrolyase by elephant dung: Effects of initial pH and substrate concentration. **International Journal of**

Hydrogen Energy, v.36, p.8687-8696, 2010.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: ESAL/FAEPE, 1994.

FARINA, S C.S. **A parede celular vegetal e as enzimas envolvidas na sua degradação**. São Carlos: Embrapa Instrumentação, 13p. 2011.

FENGEL, D.; WEGWNE, G. **Wood chemistry, ultrastructure, reactions**. Berlin: Walter de Gruyter, 613p. 1989.

FERNANDES, M. S. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: SBCS, 2006.

FERREIRA, V. CINZAS, Celulose **Hemicelulose Lignina. Revisão Bibliográfica**, p. 11, 2010. Disponível em : <http://www.tpqb.eq.ufrj.br/download/producao-de-beta-glucosidase-em-saccharomyces.pdf#page=28>. Acesso 12 dez. 2013.

FERREIRA, A.C. H; NEIVA, M.N. J; RODRIGUES, M.N. N, CAMPOS, E.W, BORGES, I. Avaliação nutricional do subproduto da agroindústria de abacaxi como aditivo de silagem de capim elefante. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.2, p.223-229, 2009.

FITZPATRICK, M.; CHAMPAGNE, P.; CUNNINGHAM, M. F.; WHITNEY, R. A. A biorefinery processing perspective: Treatment of lignocellulosic materials for the production of value-added products. **Bioresource Technology**, Barking, v.101, n. 23, p. 8915-8922, 2010.

GIL, L.; DETONI, A. M.; AULER, P. M. Nitrogênio e Potássio na indução floral natural do abacaxizeiro no noroeste do Paraná. In: FERTBIO, 2012, Maceió. **Anais...** Maceió, 2012.

GOLDEMBERG, J.; LUCON, O. Energia e meio ambiente no Brasil. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 21, n. 59, p. 7-20, 2007.

GOLDEMBERG, J. Biomassa e Energia. **Química Nova**, v. 32, n. 3, 582-587, 2009.

GÓMEZ-RUEDA S. M. **Pré-tratamento e hidrólise enzimática do bagaço de cana-de-açúcar**. Dissertação 2010 130f.. (Mestrado em Engenharia Química) Universidade Estadual de Campinas, 2010.

GONG, C. S.; CHEN, C.S.; CHEN, L. F. Pretreatment of sugar cane bagasse hemicellulose hydrolyzate for ethanol production by yeast. **Applied Biochemistry and Biotechnology**, Clifton, v. 39, p. 83-88, 1993.

GOUVEIA, E.R.; NASCIMENTO, R.T.; SOUTO – MAIOR, A.M.; ROCHA, G.J. M; **Química Nova**, v.32, n. 6, p.1500-1503, 2009.

GUARÇONI, A.; VENTURA, J. A. Adubação NPK e o desenvolvimento, produtividade e qualidade dos frutos do abacaxi ‘gold’(md-2). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 4, p. 1367-1376, 2011.

GUARÇONI, M.; VENTURA, J. A. Adubação N-P-K e o desenvolvimento, produtividade e qualidade dos frutos do abacaxi ‘gold’(MD-2). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**,

Viçosa, v. 35, p. 1367-1376, 2011.

GUARDABASSI, P.M. **Sustentabilidade da biomassa como fonte de energia: perspectivas para países em desenvolvimento**. 2006. 123f. Dissertação (Mestrado – Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia) Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

KUMAR, P., Methods for Pretreatment of Lignocellulosic Biomass for Efficient Hydrolysis and Biofuel Production. **Industrial & Engineering Chemistry Research**. Washington, v.48 n 8, p. 3713-3729, 2009.

HALL, D.O., J. HOUSE, AND I. SCRASE, 2000: **An overview of biomass energy. In: Industrial Uses of Biomass Energy: the Example of Brazil**, Taylor e Francis, London, 2000.

HAMELINCK, C.N.; VAN HOOIJDONK, G.; FAAIJ, A.P.C. Ethanol from lignocellulosic biomass: techno-economic performance in short, middle and long term. **Biomass and Bioenergy**, v.28, p. 384-410, 2005.

HINRICHS, R. A.; KLEINBACH, M. **Energia e meio ambiente**. São Paulo: Thomson, 2004.

HINRICHS, R.; KLEINBACH, M.; DOS REIS, L.B. **Energia e Meio Ambiente**. 4. Ed. São Paulo: Cengage Learning. 2010.

HOFKY, V. A.; GOMES, J.P. Da SILVA; CARVALHO, J.P; De LIMA, E.E Cinética de secagem do resíduo de abacaxi enriquecido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**, v. 17, n 6, p. 649-646, 2013.

HOWARD, R.L; ABOTSI, E.; JANSEN, R. E.L; HOWARDS, S. Lignocellulose biotechnology: issues of bioconversion and enzyme production. **African Journal of Biotechnology**.v2, n12, p.602-619, 2003.

JING, C.; XIAOPING, Z.; XINHUA, L.; LIHONG, L.; MING, S. Trends of dry mass and nutrients accumulation in ‘Yellow Mauritius’ pineapple plants. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE ABACAXI, 6., 2007, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa, 2007.

JÚNIOR R.O. M; FERREIRA L.D. R; Ruzene D.S; SILVA, D.P. **Energias alternativas no Brasil: uma breve apresentação do seu potencial**. Cadernos de Graduação - Ciências Exatas e Tecnológicas - v. 11 - n. 11 – 2010.

JÚNIOR, E.L. J; COSTA, C.C.J. M; NEIVA, M.N. J; RODRIGUEZ, M.N. Caracterização físico-química de subprodutos obtidos do processamento de frutas tropicais visando seu aproveitamento na alimentação animal. **Revista Ciências Agrárias**, Fortaleza, v.37, n.1, p70-76, 2006.

KOHLHEPP, G. Análise da situação da produção de etanol e biodiesel no Brasil. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 24, n. 68, p. 223-253, 2010.

KUMAR, A.; SING, L.K.; GHOSH, S. Bioconversion of lignocellulosic fraction of water-hyacinth (*Eichhornia crassipes*) hemicellulose acid hydrolysate to ethanol by stiptis. **Bioresource Technology**, v.100, p.3293-3297, 2009.

LACOEUILHE, J.J. L'azote et la croissance de l'ananas. *Fruits*, v.26, n.1, p.37-44, 1971.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RiMa, 2004.

LEAL, A.J.F; HORA, R.C.; TONIN, T.A.; BOLIANI, A.C. Viabilidade econômica do cultivo de abacaxi no arenito Caiuá, região noroeste do Estado do Paraná. *Acta Scientiarum. Agronomy*, Maringá, v. 31, n. 2, p. 353-358, 2009.

LEE, D., YU, A. H.C., WONG, K.K.Y. Evaluation of the enzymatic susceptibility of cellulosic substrates using specific hydrolysis rates and enzyme adsorption. **Applied Biochemistry Biotechnology**.v. 45. 407- 415, 1994.

LEITE,R.C.D.C; LEAL, M. R.L. **O biocombustível no Brasil. Novos estudos- CEBRAP** ,n. 78, p. 15-21, 2007. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-33002007000200003&script=sci_arttext. Acesso em: 5 jan. 2014.

LEITÃO, R.C; COSTA, A.G; CASSALES, A.R; ALEXANDRE, L.C; PINHEIRO, F.C.C; PINHEIRO, G.C, VIANA, A.F; SANTAELLA, S.T; SANTOS, A.B dos; ROSA, M. de F. **Biodegradabilidade anaeróbica dos resíduos provenientes das cadeias produtivas dos biocombustíveis: bagaço de cana-de-açúcar**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2013.

LOPES, H.; MASIERO, G. Etanol e biodiesel como recursos energéticos alternativos: perspectivas da América Latina e da Ásia. **Revista Brasileira de Política Internacional**, Brasília, v. 51, n. 2, 2008.

MACEDO, Isaias de Carvalho (organizador). **A Energia da Cana-de-Açúcar: Doze estudos sobre a agroindústria da cana-de-açúcar no Brasil e a sua sustentabilidade**. São Paulo: UNICA, 2007.

MACEDO, C.H. O; ANDRADE, A.P de SANTOS, E.M; SILVA, D.S da; SILVA, T.C. da; EDVAN, R.L. Perfil fermentativo e composição bromatológica de silagens de sorgo em função da adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v.13, n.2, p.371-382, 2012.

MALAVOLTA, E. Nutrição mineral e adubação do abacaxizeiro. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE ABACAXICULTURA, 1., 1982. Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, p. 121-153. 1982.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Editora Agronômica, Ceres, 1980.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 638 p. 2006.

MALÉZIEUX, E.; BARTHOLOMEW, D. P. Plant nutrition. In: BARTHOLOMEW, D. P.; PAUL, R. E.; ROHRBACH, K. G. (Ed.). **The pineapple: botany, production and uses**. Honolulu: CAB, 1993. p. 143-165.

MALÉZIEUX, E.; BARTHOLOMEW, D. P. Plant nutrition. In: BARTHOLOMEW, D. P.;

PAUL, R. E.; ROUBACH, K. G. (Ed.). **The pineapple: botany, production and uses**. Honolulu: CAB, 2003, p. 143-165.

MALÉZIEUX, E.; CÔTE, F.; BARTHOLOMEW, D. P. Crop environmental, plant growth and physiology. In: BARTHOLOMEW, D. P.; PAUL, R. E.; ROHRBACH, K. G. **The pineapple: botany, production and uses**. Honolulu: University of Hawaii, 2002. p. 69-108.

MANICA, I; **Abacaxi, do plantio ao mercado**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2000. 121p.

MARQUES, L S.; ANDREOTTI, M.; BUZETTI, S.; ISEPON, J. S. Produtividade e qualidade de abacaxizeiro cv. Smooth Cayenne, cultivado com aplicação de doses e parcelamentos do nitrogênio, em Guaraçai-SP. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. 3, p. 1004-1014, 2011.

MARTÍN, C; A, B.; SJODE, A.; NILVEBRANT N.; JONSSON, L.J.; Dilute sulfuric acid pretreatment of agricultural and agro-industrial residues for ethanol production. **Applied Biochemistry and Biotechnology**, Clifton, v. 136-140, p. 339-352, 2007.

MATOS, A. P.; REINHARDT, D. H.; SANCHES, N. F.; SOUZA, F. S.; TEIXEIRA, F. A.; ELIAS JÚNIOR, J.; GOMES, D. C. **Produção de mudas sadias de abacaxi**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2009. (Circular Técnica, 89).

MATOS, A. T. **Tratamento de resíduos agroindustriais**. Curso sobre tratamento de Resíduos Agroindustriais, Fundação Estadual do Meio Ambiente. Viçosa, 2005.

MEDEIROS, A. C.; PEGORARO, R. F.; SOUZA, R. P. D.; SILVA, D. F.; LOPES, P. A. P.; MAIA, V. M.; REIS, S. T. Acúmulo de biomassa pelo abacaxizeiro ‘Vitória’ cultivado sob adubações nitrogenadas e distintas densidades de plantio. In: SEMINÁRIO DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO, 14. 2013, Montes Claros. **Anais...** Montes Claros, 2013. (DA SILVA.F).

MEDINA, J. C.; BLEINROTH, E. W.; MARTIM, Z. J. de.; MORETTI, V. A. **Abacaxi: cultura, matéria-prima, processamento e aspectos econômicos**. 2. ed. Campinas: ITAL, 1997. 285 p. (Série Frutas Tropicais, 2.).

MESCHEDE, D.K. L; VELINI, E.D.LL; CARBONARI, C.A. III; MORAES, C.PIV. Teores de lignina e celulose em plantas de cana- de- açúcar em função da aplicação de maturadores. **Revista Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninha**, Viçosa, v.30, n.1, p. 121-127, 2012.

MEURER, E. J. Potássio. In: FERNANDES, M. S. (Ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: SBCS, 2007. p. 281-298.

MITSUTANI, C.; **A logística do etanol de cana-de-açúcar no Brasil: condicionantes e perspectivas**. 2010. 102 f. Dissertação (Mestrado em Energia) - Programa de Pós-Graduação em Energia da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

MORAIS, A.P. S; BROETTO, F. Pré – Hidrolise ácida de bagaço de cana- de-açúcar e sua caracterização físico- química. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v.27, n.4, p.01-12, 2013.

MOERS E.M.; VIEIRA A. C.; FERNANDES D.M.; SOUZA S. N. M.; BARICATTI R. A. **Caracterização da biomassa residual proveniente de resíduos agrícolas para geração de energia.** I COLASSA – Congresso Latino Americano de Suinocultura e Sustentabilidade Ambiental. Foz do Iguaçu, PR. 2011.

MORET, A. S. Conflitos em torno da geração de eletricidade no estado de Rondônia. In: BURSTYN, M. (Org.). **A difícil sustentabilidade: políticas energéticas e conflitos ambientais.** Rio de Janeiro: Garamond Universitária, 2002. p. 191-200.

MORET, A. de S. **Desafios ao setor elétrico de Rondônia, como a biomassa sustentável pode contribuir para o aumento da oferta de eletricidade: o caso dos resíduos agrícolas.** In: Congresso Brasileiro de Planejamento Energético, Itajubá, MG. 2004.

MOSIER, N. Features of promising technologies for treatment of lignocellulosic biomass. *Bioresouse Technology*. Issex, v. 96.p 673-686. Apr. 2005.

NELSON, N. A photometric adaptation of the Somogyi method for determination of glucose. *Biochemistry*, Washington, v. 153, p. 375-380, 1944.

NEUREITER, H.; DANNER, C.; THOMASSER, B. S.; BRAUN, R. Dilute-acid hydrolysis of sugarcane bagasse at varying conditions. **Applied Biochemistry and Biotechnology**, Clifton, v. 98/100, p. 49-58, 2002.

NEVES, F.M. Dez questões para o futuro do setor do etanol. 2013. Disponível em: <http://www.novacana.com/n/coluna/fava-neves/dez-questoes-futuro-etanol-060913/>. Acesso em : 5 jan. 2014.

NGUYEN, Q. A.; TUCKER, M. P.; KELLER, F. A.; EDDY, F. P. Two- stage diluted-acid pretreatment of softwoods. **Applied Biochemistry and Biotechnology**, Clifton, v. 84/86, p. 561-576, 2000.

OGEDA, T. L. ; PETRI, D. F. S. . Hidrólise enzimática de biomassa. **Química Nova**, v. 33, p. 1549-1558, 2010.

OLINTO. Energia a fonte da vida. **Revista Eletrônica Polemica**, Rio de Janeiro. 2006.

OLIVEIRA, A. M. G.; NATALE, W.; DÓRIA, J. O. Produção do abacaxizeiro ‘Imperial’ no extremo sul da Bahia, em função de doses de nitrogênio e potássio. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 34, 2013, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 2013.

OTTONI, M. A. M. Etanol da cana-de-açúcar: consequências sociais e ambientais. **Saber Acadêmico**, São Paulo, n. 9, p. 175-184, jun. 2010. Disponível em: <http://www.uniesp.edu.br/revista/revista9/pdf/artigos/14.pdf>>. Acesso em: 5 jan. 2014.

PACHECO, T.F. Produção de etanol: Primeira ou Segunda Geração: EMBRAPA. Circular Técnica:04,p.6.2011. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/886571/1/CITE04.pdf>. Acesso em 30 de jan. 2014.

PAULA, M. B.; MESQUITA, H. A.; NOGUEIRA, F. D. Nutrição e adubação do abacaxizeiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 19, p. 33-39, 1998.

PAULA, M. B.; CARVALHO, J. G.; NOGUEIRA, F. D.; SILVA, C. R. Exigências nutricionais do abacaxizeiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 11, n. 1, p. 27-32, 1985.

PARAMESWARAN B, RAVEENDRAN S, REETA RANI S, SURENDER V, LALITHA D, SATYAN N, NOBLEK, RAJEEV K. SUKUMARAN, ASHORP. Bioethanol production from rice straw: An overview **Bioresource Technology**, v.101, p.4767 – 4774, 2010.

PEDRÃO, M. R.; BELEIA, A.; DELLA MODESTA, R.C; PRUDENCIO FERREIRA, S.H. estabilidade físico-química e sensorial do suco de limão Tahiti natural e adoçado, congelado. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 19, n. 2, p. 282-286, 1999.

PEDERSEN, M.; MEYER, A.S. Lignocellulose pretreatment severity-relating pH to biomatrix opening: review. **New Biotechnology**, v.27, n.6, p.739-750, 2010.

PIMENTEL, C. **Metabolismo de carbono na agricultura tropical**. Seropédica: Edur, 1998. Disponível em: <<https://www.google.com.br/#q=PIMENTEL%2C+C.+Metabolismo+de+carbono+na+agricultura+tropical.+Serop%C3%A9dica:+Edur%2C+159>>. Acesso em: 5 jan. 2014.

PINHEIRO NETO, L. G. **Crescimento do abacaxizeiro fertirrigado com diferentes fontes e doses de nitrogênio**. 2009. 22 f. Tese (Doutorado em Agronomia: Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA), Mossoró, 2009.

PILATH, H.M.; NIMLOS, M.R.; MITTAL, A.; HIMMEL, M.E; JOHNSON, D.K. Glucose reversion reaction kinetics. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 58, n.10, p.6131-6140, 2010.

SILVA, A. A. da. **Otimização do pré-tratamento ácido de torta de caroço de algodão e bagaço de malte com farinha de pupunha para produção de bioetanol de segunda geração**. 2012. Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Química) – Faculdade de Ciências Exatas, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, 2012.

RABELO, S.C.; FONSECA, N.A.A.; MACIEL FILHO, R.; COSTA, A.C. Ethanol production from enzymatic hydrolysis of sugarcane bagasse pretreated with lime and alkaline hydrogen peroxide. **Biomass and Bioenergy**, 2011, 35: 2600-2607.

RABIE, E. C.; TUSTIN, H. A.; WESSON, K. T. Inhibition of natural flowering occurring the winter month in “Queen” pineapple in KwaZulu Natal, South Africa. **Acta Horticulturae**, Holanda, n. 529, p. 175-184, 2000.

RADIN, B. **Eficiência de uso da radiação fotossintética ativa pelo tomateiro cultivado em diferentes ambientes**. Porto Alegre, 2002. 127f. Tese (Doutorado em Fitotecnia-Agrometeorologia). Universidade Federal de Porto Alegre, 2002.

RAMOS, L. P. **Aproveitamento integral de resíduos agrícolas e agroindustriais**. Centro de

Pesquisa em Química Aplicada, UFPR, Curitiba – PR, 2001.

REINHARDT, D.H.; SOUZA, L.F.da S.; CABRAL, J.R.S. (organizadores) **Abacaxi. Produção: Aspectos técnicos**. Brasília, DF: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. 77p. (Frutas do Brasil; 7).

REINHARDT, D.H. **Abacaxi: produção, pós-colheita e mercado** /Fortaleza: Instituto Frutal, 139 p, 2004.

REIS, L. L.; TARSITANO, M. A. A.; HIRAKI, S. S.; BARDIVIESSO, D. M. Custo de produção e rentabilidade de abacaxizeiro cv. Pérola em Cassilândia (MS), sob diferentes doses de potássio. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 5, p. 725-733, 2012.

REVOLUÇÃO energética: a caminho do desenvolvimento limpo. 2010. Disponível em: <<http://www.greenpeace.org/brasil/pt/Documentos/Revolucao-Energetica/>>. Acesso em: 5 jan. 2014.

RIBEIRO, D. G.; VASCONCELLOS, M. A. S.; ARAÚJO, A. P. Contribuição do sistema radicular de mudas micropropagadas na absorção de nitrogênio de abacaxizeiro cultivar Vitória. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. 4, dez. 2011.

RISSARD JUNIOR, D. J.; SHIKIDA, P. F. A agroindústria canavieira do Paraná pósdesregulamentação: uma abordagem neoschumpeteriana. **Revista de Economia e Sociologia Rural**. Brasília, v. 45, n. 2, p. 445-473, abr./jun. 2007.

ROBERTO, I. C.; MUSSATTO, S. I.; RODRIGUES, R. C. L. B. Dilute-acid hydrolysis for optimization of xylose recovery from rice straw in a semi-pilot reactor. **Industrial Crops and Products**, France, v. 7, p. 171-176, 2003.

ROCHA, M. V.; RODRIGUES, T. H.; MACEDO, G. R.; GONÇALVES, L. R. Enzymatic hydrolysis and fermentation of pretreated cashew apple bagasse with alkali and diluted sulfuric acid for bioethanol production. **Applied Biochemistry and Biotechnology**, Clifton, v. 155, n. 1, p. 407-17, 2009.

RODRIGUES, A. A. **Nutrição mineral, produção, qualidade e análise econômica do abacaxizeiro cv. Pérola em função das relações K/N**. 2009. 167 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2009.

RODRIGUES, A. A.; MENDONÇA, R. M. N.; SILVA, A. P.; SILVA, S. M. Mineral nutrition and yield of pineapple plant cv. Pérola as a function of the K/N relationships in fertilization. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 35, n. 2, p. 625-633, 2013.

RODRIGUES, A. A.; MENDONÇA, R. M. N.; SILVA, A. O.; SILVA, S. M.; PEREIRA, W. E. Desenvolvimento vegetativo de abacaxizeiros' Pérola'e'Smooth Cayenne'no Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 32, n. 1, p. 126-134, 2010.

RODRIGUES, F. A. Avaliação da Tecnologia de Hidrólise Ácida de Bagaço de Cana. Campinas, 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

ROGER A. Hinrichs, Merlin Kleinbach, Lineu Belico dos Reis. **Energia e Meio Ambiente**,

Tradução da ed 4 americana. Cengage Learning Edições Ltda, São Paulo, SP, 2012.

ROHRBACH, K.G. (Eds). **The Pineapple: botany, production and uses**. Honolulu: CAB, p.143-165, 1993.

ROJAS, M.J.; **Produção de etanol e hidrolisado protéico da casca de soja**.2012. 93f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química).Universidade Federal de São Carlos , 2012.

ROSSELL, C.E. V; ZAINAGHI, G. **Produção de Etanol Combustível pela Hidrólise Enzimática**. 2008. Disponível em:

http://arquivos.portaldaindustria.com.br/app/conteudo_24/2012/07/06/125/20121101182425435007o.pdf Acesso: 21 dez.2013.

SÁ, J. P. G.; CAVIGLIONE, J. H. **Arenito caiúá: capacidade de lotação das pastagens**. Londrina: IAPAR, 1999.

SAHA, B.C. Dilute acid pretreatment enzymatic saccharification and fermentation of wheat straw to ethanol. **Process Biochemistry**, London, v.40, n.12 p. 3693 – 3700.- 2005.

SAMPAIO, A. C.; CUNHA, R. J. P.; CUNHA, A. R. Influência de nitrogênio e de épocas de plantio sobre o crescimento vegetativo e a diferenciação floral natural do abacaxizeiro cv. Smooth Cayenne. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 19, n. 1, p. 7-14, 1997.

SAN JOSÉ; J.; MONTES, R.; CABRERA-BISBAL, E. Nitrogen budget in a pineapple crop growing in the Orinoco lowlands. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 38, n. 3/4, p. 423-447, 2007.

SANTOS, F. A.; QUEIRÓZ, J. H. D.; COLODETTE, J. L.; FERNANDES, S. A.; GUIMARÃES, V. M.; REZENDE, S. T. Potencial de palha de cana para a produção de etanol. **Química Nova**, São Paulo, v. 35, n. 5, p. 1004-1010, 2012.

SANTOS, W. L. P.; MÓL, G. S. **Química e sociedade**. São Paulo: Nova Geração, 2005.

SANTOS, R. M. D.**Extração e caracterização de nanocristais de celulose a partir de folhas de abacaxi**. 80f. Dissertação (Mestrado em Química). Universidade Federal de Uberlândia. 2013.

SARKAR, N.; GHOSH, S. K.; BANNERJEE, S.; AIKAT, K. Bioethanol production from agricultural wastes: an overview. **Renewable Energy**, Oxford, v. 37, p. 19-27, 2012.

SCHELL, D. J.; FARMER, J.; NEWMAN, M.; MCMILLAN, J. D. Diluted- sulfuric acid pretreatment of corn stover in pilot-scale reactor. Investigation of yields, kinetics, and enzymatic digestibilities of solids. **Applied Biochemistry and Biotechnology**, Clifton, v. 105, p. 69-85, 2003.

SILVA, A. L. P.; SILVA, A. P.; SOUZA, A. P.; SANTOS, D.; SILVA, S. M.; SILVA, V. B. Resposta do abacaxizeiro 'Vitória' a doses de nitrogênio em solos de tabuleiros costeiros da Paraíba **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, n. 2, p. 447-456, 2012.

SILVA, A. P. **Sistema de recomendação de fertilizantes e corretivos para a cultura do abacaxizeiro**. 2006. 176 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade

Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

SILVA, J. M.; SILVA, J. P.; POTO, M. H. F. Características físico-químicas de abacaxi submetido à tecnologia de radiação ionizante como método de conservação pós-colheita. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 1, p. 139-145, 2008.

SILVA, O. O. **Aproveitamento do bagaço de abacaxi (Ananas comosus L. Merrill) para produção biotecnológica de xilitol**. 2011. 121 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011.

SILVA, R. V. **Compósito de resina poliuretano derivada de óleo de mamona e fibras vegetais**. 2003. 139 f. Tese (Doutorado em Ciências e Engenharia de Materiais) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

SILVA, O.L.G. **Aproveitamento energético de resíduos agrícolas – O caso da agroeletricidade distribuída**. 2011. 280f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético)- Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: UFRJ, 2011.

SIMÃO, S. **O abacaxizeiro**. In: SIMÃO, S. Tratado de fruticultura. Piracicaba: FEALQ, p.249-288, 1998.

SIMILI, F.F; REIS, R.A; FURLAN, B.N; PAZ, P.C,C; LIMA, M.L.P; BELLINGIERI, P.A. Resposta do Híbrido de Sorgo- Sudão a Adubação Nitrogenada e Potássica: Composição Química e Digestibilidade in Vitro da Matéria Orgânica. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.32, n.2, p, 474-480,2008.

SIQUEIRA, F. R.; DEL SANTO, V.R; SOUZA, G.B, PEREIRA, C.A.M. Elaboração de barra de cereais com casca de abacaxi. **ALAN Archivos Latino Americanos de Nutricion**, v .61, n.2, p.216-223, 2011.

SIVERZ, M.V., ZACCHI, G. A Techno-e conomial comparison of three processes for the production of ethanol from pine. **Bioresource Technology**, v. 51, p. 43- 52, 1995.

SOUZA, C. B.; SILVA, B. B.; AZEVEDO, P. V. Crescimento e rendimento do abacaxizeiro nas condições climáticas dos Tabuleiros Costeiros do Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 2, p. 134-141, 2007.

SOUZA, J. S.; SOUZA, L. F. S. Aspectos socioeconômicos. In: REINHARDT, D. H.; SOUZA, L. F. S.; CABRAL, J. R. S. (Org.). **Abacaxi produção: aspectos técnicos**. Cruz das almas: EMBRAPA Mandioca e Fruticultura; 2000. (Frutas do Brasil, 7).

SOUZA, L. F. S. Adubação. In: REINHARDT, D. H.; SOUZA, L. F. S.; CABRAL, J. R. S. **Abacaxi produção: aspectos técnicos**. Brasília: EMBRAPA, 2000. p. 30-34.

SOUZA, L. F. S. Exigências edáficas e nutricionais. In: CUNHA, G. A. P.; CABRAL, J. R. S.; SOUZA, L. F. S. (Org.). **O abacaxizeiro: cultivo, agroindústria e economia**. Brasília: EMBRAPA, 1999. p. 67-83.

SPIRONELLO, A.; QUAGGIO, J. Á.; TEIXEIRA, L. A. J.; FURLANI, P. R.; SIGRIST, J. M. M. Rendimento e a qualidade dos frutos de abacaxi feita por fertilização NPK em um solo tropical. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n. 1, p. 155-159, 2004.

SUN, Y.; CHENG, J. Hydrolysis of lignocellulosic materials for ethanol production: a review. **Biosource Technology**, Barking, v. 83, n. 1, p. 1-11, 2002.

SUZUKI JÚNIOR, J. T. O álcool produto e as exportações paranaenses de etanol. **Comunicado para o Planejamento**, Curitiba, jan. 2011. Disponível em: <http://www.ipardes.gov.br/pdf/comunicados_planejamento/Comunicado_Planejamento_3.p>. Acesso em: 5 jan. 2014. (IPARDES 2011).

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4ª ed. Porto Alegre, Arned, 819 p. 2008.

TEIXEIRA, L. A. J.; QUAGGIO, J. A.; CANTARELLA, H.; MELLIS, E. V. Potassium fertilization for pineapple: effects on plant growth and fruit yield. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. 2, p. 618-626, 2011a.

TEIXEIRA, L. A. J.; SPIRONELLO, A.; FURLANI, P. R. Parcelamento da adubação NPK em abacaxizeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 219-224, 2002.

TORGET, R.; HIMMEL, M.; GROHMANN, K. Diluted acid pretreatment of two short-rotation herbaceous crop. **Applied Biochemistry and Biotechnology**, Clifton, v. 34/35, p. 115-123, 1992.

UM, B. H.; KARIM, M.; HENK, L. Effect of sulfuric and phosphoric acid pretreatments on enzymatic hydrolysis of corn stove. **Applied Biochemistry and Biotechnology**, Clifton, v. 105-108, p. 115-25, 2003.

VARGAS I. J. Biomassa. In: Simpósio Nacional sobre fontes convencionais e de energia. Brasília: Câmara dos Deputados, 1979. p. 626-640.

VELOSO, C. A. C.; OEIRAS, A. H. L.; CARVALHO, E. J. M.; SOUZA, F. R. S. Resposta do abacaxizeiro à adição de nitrogênio, potássio e calcário em latossolo amarelo do nordeste paraense. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 23, n. 2, p. 396-402, 2001.

VENTURA, J. A.; COSTA, H.; CABRAL, J. R. S.; MATOS, A. P. Vitória: New Pineapple cultivar resistant to fusariosis. *Acta Horticulturae*, The Hague, v. 822, p. 51- 56, 2009.

WERTHER J.; SAENGER, M.; HARTGE, E. U.; OGADA, T.; SIAGI, Z. Combustion of agricultural residues. **Progress in energy and combustion science**. Alemanha: Pergamon, v. 26, p. 1-27, 2000.

ZHANG, J.; BARTHOLOMEW, D.P Simulation of pineapple growth, development, and yield. *Acta Horticulturae*, v 334, p 205-219. ; 1993.