



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS CAMPUS
UNIVERSITÁRIO DE PALMAS PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROENERGIA**

WILLIAM ALMEIDA NOGUEIRA

**UTILIZAÇÃO DO SORO DE QUEIJO NA POTENCIALIZAÇÃO DA
PRODUÇÃO DE ETANOL A PARTIR DE TRÊS CULTIVARES DE
ARROZ**

**Palmas – TO
2018**

WILLIAM ALMEIDA NOGUEIRA

**UTILIZAÇÃO DO SORO DE QUEIJO NA POTENCIALIZAÇÃO DA
PRODUÇÃO DE ETANOL A PARTIR DE TRÊS CULTIVARES DE
ARROZ**

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado em Agroenergia da Universidade Federal do Tocantins, em cumprimento parcial das exigências para obtenção do título de Mestre em Agroenergia.


Orientador: Prof.Dr.Tarso da Costa Alvim.

**Palmas – TO
2018**

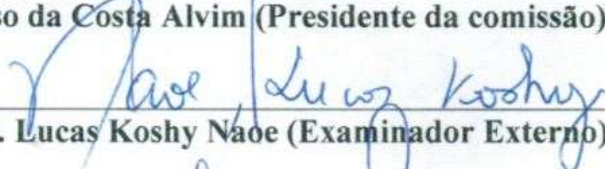
**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS – CÂMPUS DE PALMAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROENERGIA**

**DETERMINAÇÃO SIMULTÂNEA DE FITOESTERÓIS E COMPOSTOS
FENÓLICOS EM FOLHAS DE *Ipomoea batatas* (L.) LAM. CULTIVADAS PARA
PRODUÇÃO INDUSTRIAL DE ETANOL**

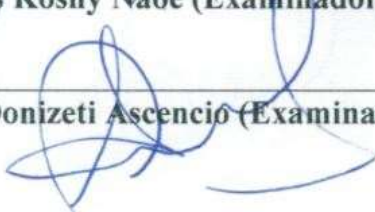
COMISSÃO EXAMINADORA



Dr. Tarso da Costa Alvim (Presidente da comissão)



Prof. Dr. Lucas Koshy Naoe (Examinador Externo)



Prof. Dr. Sergio Donizeti Ascencio (Examinador Interno)

Data da Defesa: 12/02/2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins

N778u NOGUEIRA, WILLIAM ALMEIDA .
UTILIZAÇÃO DO SORO DE QUEIJO NA POTENCIALIZAÇÃO DA
PRODUÇÃO DE ETANOL A PARTIR DE TRÊS CULTIVARES DE ARROZ. /
WILLIAM ALMEIDA NOGUEIRA. – Palmas, TO, 2019.
67 f.

Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade Federal do Tocantins
– Câmpus Universitário de Palmas - Curso de Pós-Graduação (Mestrado) em
Agroenergia, 2019.

Orientador: Tarso da Costa Alvim

1. Co-produto. 2. Quirera. 3. Proteína. 4. Cultivares de arroz. I. Título

CDD 333.7

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer
forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte.
A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184
do Código Penal.

**Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os
dados fornecidos pelo(a) autor(a).**

“... Não se amoldem ao padrão deste mundo, mas transformem-se pela renovação da sua mente, para que sejam capazes de experimentar e comprovar a boa, agradável e perfeita vontade de Deus...”

Romanos 12:2

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha família e amigos que sempre me apoiaram para a realização deste processo, em especial aos meus pais Eduardo e Maria de Fátima.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por ter me abençoado e guiado até aqui para a realização deste sonho.

Agradeço ao professor Tarso da Costa Alvim por ter me dado à honra de ser seu orientado e me acompanhar na realização desse sonho, pelo conhecimento que me foi repassado e pelo crescimento que tive trabalhando ao seu lado.

A minha família em especial ao meus pais Eduardo e Maria de Fatima que mesmo em dificuldade me apoiaram e incentivaram nessa empreitada, aos meus irmãos José Eduardo e Fernando pelo apoio.

As professoras Solange Ságio e Flavia Tonani, pela compreensão e pela ajuda durante esse processo de formação e aprendizado.

A todos os meus colegas de curso que me acompanharam e fizeram parte dessa jornada em busca desta realização.

Aos técnicos e colaboradores da UFT que colaboraram para meu desenvolvimento.

Em especial a Deny, minha companheira na idealização e realização deste sonho, por sempre estar ao meu lado durante esse processo, obrigado pelo carinho, atenção e apoio.

A Capes pelo apoio e incentivo, para a realização desse sonho.

RESUMO

NOGUEIRA, W. A. Utilização de soro de queijo na potencialização de produção de etanol a partir de três cultivares de arroz. Palmas, 2017. 71f. Dissertação (Mestrado em Agroenergia), Universidade Federal do Tocantins – UFT.

A cultura do arroz vem sendo alvo de pesquisas envolvendo sua cadeia produtiva, incluindo o estudo de aproveitamentos de seus resíduos, desde a lavoura até o seu beneficiamento. O aproveitamento do soro de queijo também tem sido bastante estudado, pois esse derivado causa grande impacto ambiental se não for tratado devidamente. Neste contexto o presente trabalho objetivou avaliar a utilização do soro de queijo na potencialização da produção de etanol a partir de três variedades de arroz tendo como produto final o etanol. O co-produto da produção de etanol mostrou-se uma alternativa para alimentação animal, apresentaram valor igual e superior a 28,11% de proteína. Analisando a cinética da conversão da glicose em etanol o ponto máximo foi atingido aproximadamente com 19 horas, quando se conseguiu atingir a maior concentração de etanol. O tratamento que obteve melhor resultado foi o mosto contendo 50% de soro para variedade Serra Dourada, onde a sua produção foi de 78,52 g/L de etanol. Os resultados obtidos mostraram, portanto, que há viabilidade técnica na incorporação do soro de queijo no processo convencional de produção de etanol a partir do arroz, otimizando-se o reaproveitamento deste co-produto da indústria de laticínio.

Palavras chave: co-produto; queijera; proteína;

ABSCTRAT

NOGUEIRA, W. A. Use of whey in ethanol production potentiation from three rice cultivars. Palmas, 2017. 71f. Dissertation (Master in Agroenergy), Federal University of Tocantins - UFT.

Rice cultivation has been the subject of research that involves its production chain, including the study of the use of its residues, from the cultivation to its processing. The use of whey has also been well studied, as this by-product causes great environmental impact if not treated with due caution. In this context, the objective of this study was to evaluate the use of whey in ethanol production potentiation from three rice varieties, with ethanol as final product. The residue of ethanol production was an alternative for industries and dairy products, since the means in which the whey was added had a value equal to and above 28.11% of protein. Analyzing the kinetics of the conversion of glucose into ethanol, the peak was reached at approximately 19 hours, ie the best treatment, where it was able to reach the highest concentration of ethanol. The treatment that obtained the best result was the serum of 50% in the Serra Dourada variety, where its production was 78.52 g / L of ethanol. The averages of both did not differ statistically, obtaining at the 5% level of significance by the Tukey test. The results showed that there is a technical feasibility in the incorporation of whey in the conventional process of ethanol production from the rice, optimizing the reuse of this co-product of the dairy industry.

Keywords: ethanol, cereal, whey

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	1
LISTA DE GRÁFICOS	2
LISTAS DE TABELAS	3
LISTA DE ABREVIÇÕES E SÍMBOLOS	4
1. INTRODUÇÃO.....	5
2. OBJETIVOS.....	7
2.1. OBJETIVO GERAL.....	7
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	7
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	8
3.1. A CULTURA DO ARROZ.....	8
3.2. ESTRUTURA E COMPOSIÇÃO DO GRÃO DE ARROZ.....	10
3.3. CARACTERÍSTICA DAS VARIEDADES DE ARROZ.....	11
3.4. BENEFICIAMENTO DO ARROZ.....	12
3.5. AMIDO E SUA HIDRÓLISE	14
3.6. SORO DE QUEIJO	15
3.7. LACTOSE.....	16
3.8 . FERMENTAÇÃO	19
3.9 . ETANOL DE FONTES AMILÁCEAS	21
4 METODOLOGIA.....	22
4.1 . MATÉRIAS-PRIMAS	22
4.1.1 OBTENÇÃO E PREPARAÇÃO DAS VARIEDADES DE ARROZ.....	22
4.1.2 OBTENÇÃO DE SORO DE QUEIJO.....	22
4.1.3 HIDRÓLISE DA LACTOSE PRESENTE NO SORO DO QUEIJO	23
4.2 DELINEAMENTO ESTATÍSTICO	23
4.3. DETERMINAÇÃO DE PORCENTAGEM DE AMIDO E FIBRA NO ARROZ.....	24
4.4. DETERMINAÇÃO DE CINZA DO ARROZ	24
4.5. DETERMINAÇÃO DE UMIDADE DO ARROZ.....	24
4.6. DETERMINAÇÃO DE MATÉRIA SECA DO ARROZ	25
4.7. ANÁLISE DA PROTEÍNA BRUTA DO ARROZ.....	25
4.8. DETERMINAÇÃO DO pH DO SORO DE QUEIJO.....	25
4.9. ENZIMAS UTILIZADAS NA HIDRÓLISE DO AMIDO.....	26
4.10. BIOPROCESSO PARA PRODUÇÃO DE ETANOL.....	26
4.11. FERMENTAÇÃO ALCOÓLICA DO HIDROLISADO.....	28
4.12. DETERMINAÇÃO DO TEOR DE GLICOSE.....	29
4.13. DETERMINAÇÃO TEOR DE ETANOL	30
4.14. ANÁLISE DA PROTEINA BRUTA TOTAL DO FERMENTADO SECO DO ARROZ ..	31
5. RESULTADO E DISCUSSÃO.....	31

5.1. CARACTERIZAÇÃO CENTESIMAL DAS VARIEDADES	31
5.2. FERMENTAÇÕES ALCOÓLICA	33
5.3. CONCENTRAÇÃO DE GLICOSE – CURVA PADRÃO.....	33
5.4. CONCENTRAÇÃO DE ETANOL – CURVA PADRÃO.....	35
5.5. CONCENTRAÇÃO DE GLICOSE E PROTEÍNA (%P/P)	35
5.6. CONCENTRAÇÃO DE ETANOL.....	38
5.7. REGRESSÃO APLICADA AO TEMPO	41
5.7.1. REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA VARIEDADE SERTANEJA	41
5.7.2. REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA VARIEDADE CATIANA.....	42
5.7.3. REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA VARIEDADE SERRA DOURADA.....	43
6. CONCLUSÃO.....	44
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA	46

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - MAPA DE PRODUÇÃO DE ARROZ NO PAÍS.....	9
FIGURA 2 - ESTRUTURA DO GRÃO DE ARROZ	11
FIGURA 3 – FLUXOGRAMA DO RENDIMENTO DE ARROZ E SEUS PRODUTOS E SUBPRODUTOS	13
FIGURA 4 - ESTRUTURA DA LACTOSE.....	17
FIGURA 5 - REPRESENTAÇÃO DAS ESTRUTURAS DA GALACTOSE E GLICOSE ..	18
FIGURA 6 - ROTA METABÓLICA DA FERMENTAÇÃO	20
FIGURA 7 - FLUXOGRAMA OBTENÇÃO DE ETANOL.....	26

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 - TESTE FERMENTAÇÃO/ QUANTIDADE DE GLICOSE/QUANTIDADE ETANOL	33
GRÁFICO 2 - CROMATOGRAMA HPLC AMOSTRA COM SORO 50% AS 0 HORAS.ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.	
GRÁFICO 3 - HORA X SORO 100%	42
GRÁFICO 4 - HORA X SORO 50%	42
GRÁFICO 5 - HORA X ÁGUA	42
GRÁFICO 6 - HORA X SORO 100%	43
GRÁFICO 7 - HORA X ÁGUA	43
GRÁFICO 8 - HORA X SORO 50%	43
GRÁFICO 9- HORA X SORO 100%	43
GRÁFICO 10 - CROMATOGRAMA HPLC DA PRODUÇÃO DE GLICEROL DURANTE PROCESSO FERMENTATIVO.....ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.	

LISTAS DE TABELAS

TABELA 1 - COMPOSIÇÃO GENÉRICA DO LEITE BOVINO E SORO.....	18
TABELA 2 - PADRÃO GLICOSE.....	29
TABELA 3 - PADRÃO ETANOL.....	30
TABELA 4 - COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DAS VARIEDADES DE ARROZ.....	32
TABELA 5 - DADOS OBTIDOS NO HPLC REFERENTE ÀS ÁREAS DE CADA PADRÃO DE GLICOSE	34
TABELA 6 - PADRÃO ETANOL.....	35
TABELA 7 - QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA CONCENTRAÇÃO DE GLICOSE G/L E PROTEÍNA (%)......	35
TABELA 8 - MÉDIAS DE GLICOSE DAS VARIEDADES E NOS MEIOS FERMENTATIVOS.....	36
TABELA 9 - MÉDIA DE PROTEÍNA BRUTA NAS VARIEDADES E NOS MEIOS FERMENTATIVOS.....	37
TABELA 10 - QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA CONCENTRAÇÃO DE ETANOL G/L.....	38
TABELA 11 - MÉDIAS DE CONCENTRAÇÃO DE ETANOL G/L.....	39

LISTA DE ABREVIACOES E SÍMBOLOS

% m/v – Porcentagem massa por volume

µg – Microgramas

µL – Microgramas por litro

ANP – Agência Nacional de Petróleo

BRS – Brasil Sementes

CLAE - Cromatografia líquida de alta eficiência

CO₂ – Gs Carbnico

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento

DBO – Demanda Bioquímica de Oxignio

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropcuaria

FAO – Food And Agriculture Organization

g/L – Gramas por litro

GO – Gois

Kg – Quilograma

LABIC – Labortorio de Instrumentação Científica

LABSOLOS – Labortorio de solos

LASPER - Labortorio de Produção de Energia a partir de fontes Renovaveis

mg/l – Miligrama por litro

MJ/L – Densidade de energia por volume

OECD – Organization for Economic Cooperation and Development

TO – Tocantins

UFG – Universidade Federal de Gois

UFT- Universidade Federal do Tocantins

1. INTRODUÇÃO

A busca por fontes de matérias primas limpas e renováveis para produção de energia tem levado ao desenvolvimento de novas tecnologias alternativas aos processos convencionais. Os biocombustíveis têm demonstrado um grande potencial para a substituição em maior escala dos derivados de petróleo. Tem-se uma diversificada fonte disponível para a produção destes novos tipos de combustíveis, e sua grande maioria é de fonte vegetal, o que garante a continuidade da produção e que venha a evitar uma eventual crise de abastecimento energético. Cana-de-açúcar, beterraba, milho, arroz, oleaginosas como a soja, mamona, dendê, pinhão-manso, além da biomassa vegetal da celulose, hemicelulose, lignina apresentam-se como fontes interessantes para a geração desse tipo de combustível (SANTANA, 2007).

A crise internacional do petróleo na década de 70 desencadeou no Brasil uma nova fase na produção etanol. Com a média de produção de 700 milhões de litros por ano, houve um salto para 15 bilhões, visando atender as necessidades internas de sua frota de aproximadamente 4 milhões de automóveis que utilizavam o álcool puro e para a mistura de toda gasolina utilizada no país. Com esse aumento, ampliou-se o campo canavieiro, adotando-se modernização de destilarias, aumento na geração de empregos diretos e indiretos, instalações autônomas e uma evolução na construção de motores movidos a este combustível. (Moreira e Goldemberg 1999, Aquarone et al. 2001 e Lima et al. 2005).

A produção de cana-de-açúcar, na safra 2017/18, e de aproximadamente 647,6 milhões de toneladas, uma redução de 1,5% em relação à safra anterior, sua área de colheita estima-se que seja de 8,84 milhões de hectares, uma queda de 2,3%. A produção de açúcar será semelhante aos 38,70 milhões de toneladas produzidos anteriormente. A produção de etanol deverá atingir 26,45 bilhões de litros, uma redução de 4,9%, em razão da preferência de produção de açúcar, sendo que o etanol anidro terá um aumento de 2,8% alcançando os 11,38 bilhões de litros, influenciado pelo aumento do consumo de gasolina, já o etanol hidratado, atingirá 15,07 bilhões de litros, uma redução de 10% ou 1,67 bilhões de litros, devido ao menor consumo deste combustível. (CONAB 2017)

A biomassa existente no Brasil pode ser classificada em três grupos: as de origem florestal; as de origem agrícola e a biomassa dos rejeitos urbanos e industriais, e o aproveitamento desses resíduos na geração de energia elétrica propicia um destino útil, diminuindo o impacto ambiental gerado (SANTOS 2007).

O Brasil de hoje é um dos principais produtores de etanol, ganhando destaque mundial, combustível esse que surge como alternativa para atender à necessidade energética, tendo como principal matéria-prima de produção a cana-de-açúcar. Com uma matriz energética bem ampla o país tem também outras potenciais fontes de produção de etanol, como amiláceas e subprodutos de indústrias de laticínios. As agroindústrias geram grandes quantidades de resíduos oriundos de seus processos, e muitos proprietários não possuem conhecimento e/ou estrutura adequada para reduzir ou eliminar o impacto ambiental causado pelo descarte dos seus subprodutos no meio ambiente.

Nesse cenário, o arroz (*Oryza sativa*), se torna uma das opções para produção de etanol, visto que é uma das culturas mais cultivadas em todo o planeta, e encontra-se em sua composição amido em grande concentração, e em seu beneficiamento parte dos grãos se quebram dando origem a um coproduto chamado quirera, que pode chegar até 14% do total do arroz beneficiado.

Advindo da produção de queijo, o soro é um líquido residual obtido a partir da coagulação do leite ou de caseína, considerado muito preocupante por sua significativa taxa de matéria orgânica. Para produzir 1 quilo de queijo gera-se 9 litros de soro, sendo um derivado de baixo valor econômico, e quando lançado ao meio ambiente sem tratamento torna-se um problema ambiental, isto devido à quantidade de resíduos gerada e o impacto ambiental causado pelo seu descarte indevido. Algumas tecnologias já estruturadas utilizam dessa matéria prima para alimentação animal e produção de substrato de fermentação para produção de etanol, isso porque o soro de queijo possui lactose, um açúcar que é desdobrado por ação enzimática. O aproveitamento de resíduos para produção de etanol é uma grande alternativa, visto que haverá um aumento na produção de biocombustível para atender a demanda da população, e estará diminuindo os impactos desses resíduos no meio ambiente.

Desta forma, conforme proposto neste trabalho, a produção de etanol a partir da quirela do arroz, incorporando-se ao soro de queijo, não só pode ser um destino a este co-produto, como também pode potencializar a produção de etanol ao final do processo. Este trabalho teve como objetivo principal investigar o potencial da utilização de soro de queijo como ingrediente adicionado ao mosto de quirera, na expectativa de que sua adição pudesse elevar o rendimento da produção convencional de etanol, além de conhecer o percentual de incrementos nutricionais, como o teor de proteína do co-produto gerado por esse processo e determinar a rendimento o de etanol.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

- Avaliar a utilização do soro de queijo na potencialização da produção de etanol a partir de três cultivares de arroz

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Comparar diferentes níveis de enriquecimento do mosto de quirera de arroz com soro, para a produção de etanol;
- Determinar o teor de proteína nos co-produtos gerados;
- Determinar o rendimento final de etanol.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1. A CULTURA DO ARROZ

O arroz (*Oryza sativa*) é classificado como uma gramínea da família das poáceas, da classe Liliopsida, da ordem Poales, pertencente ao grupo das monocotiledôneas, contido na divisão das Magnoliófitas (PACHECO 2008). É um dos grãos mais produzidos e consumidos no mundo, caracteriza-se como o principal alimento de mais da metade da população mundial.

A produção mundial estimada deste cereal é mais de 475 milhões de toneladas, sendo 8,3 milhões de toneladas produzidas no Brasil. Seu cultivo e consumo abrangem todos os continentes, destacando-se principalmente os países em desenvolvimento, pois desempenha um importante papel estratégico em nível econômico e social. (FAO, 2006; CONAB, 2007; USDA/FAS, 2015).

Este grão é considerado a base alimentar da maior parte da população mundial, e está entre as culturas mais produzidas no mundo, tendo sua maior produção e consumo na Ásia, onde cerca de 60 a 70% do consumo calórico de mais de 2 bilhões de pessoas é proveniente do arroz e seus subprodutos, sendo que aproximadamente 90% de sua produção ficam para consumo próprio (EMBRAPA, 2005, CONAB, 2015).

A cultura do arroz foi introduzida no Brasil com a chegada dos portugueses, inicialmente na região da costa baiana. A Figura 1 representa o mapa de produção de arroz no Brasil. Alguns autores afirmam que a América foi o primeiro país a produzir o cereal, que só veio ser cultivado de forma mais organizada e objetivando a produção em larga escala em meados do século XXVIII (PEREIRA, 2002).

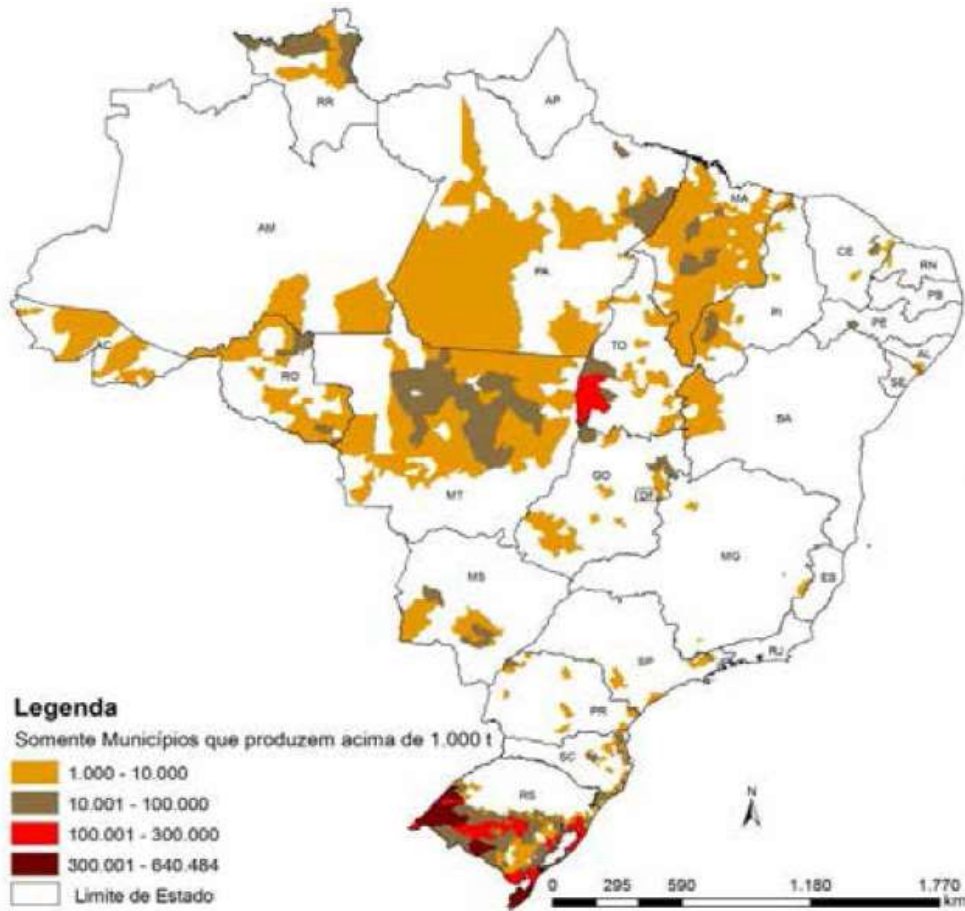


Figura 1 - Mapa de produção de arroz no país

Fonte: CONAB 2017

Na atualidade o cultivo do arroz é realizado de forma irrigada ou de várzea, e a várzea é predominante no sul do País e também no Estado do Tocantins. O arroz de terras altas, produzido principalmente na região Centro-Oeste, se faz dependente do ciclo das chuvas, porém mais adaptável a diferentes tipos de solo e clima (BENSKOW, 2007).

O estado do Tocantins possui uma área total de 27.842.070 ha, dos quais 13.900.000 hectares (49%) têm potencial agrícola. Da área total, 1.434.000 ha⁻¹ são formadas por várzeas tropicais com características para a irrigação por subirrigação. Na safra 2010/2011, numa área de 135.770 hectares, foram produzidas 134.700 toneladas de arroz de sequeiro e 333.640 toneladas de arroz irrigado (áreas de várzeas). A produtividade média do arroz irrigado foi de 4.994 kg ha⁻¹ (SEAGRO, 2013)..

O Brasil ocupa uma posição de destaque uma vez que possui uma vasta área de terras, que ainda podem ser anexadas ao processo produtivo tendo também terras desmatadas que se

encontram degradadas. Como consequência poderá obter um grande salto na economia do nosso país (BENVENGA, 2012).

Ferrari (2005) e Santana (2007) relatam que uma alternativa para a produção de etanol, seria a partir de fontes amiláceas, que se destacam como excelente opção para a fermentação alcoólica por apresentarem um alto teor de amido. Dentro desse contexto algumas amiláceas (arroz, milho, batata-doce, mandioca) apontam como alternativa para a indústria do etanol, pois seus processos de produção possuem baixos ou quase nulos emissões de resíduos ou gases poluentes contribuintes para o efeito estufa, tendo um potencial promissor devido o fato de que o mercado vem exigindo menos impacto ao meio ambiente.

3.2. ESTRUTURA E COMPOSIÇÃO DO GRÃO DE ARROZ

O grão de arroz é composto por uma camada externa protetora a casca, constituída pela pálea e a lema, sendo que essas duas folhas que representam em média 20% do peso do grão. Em seu interior encontra-se a cariopse que e formada pelas mais diferentes camadas como: pericarpo, tegumento, nucela e aleurona que correspondem juntas 5% e 8% do arroz integral. Corpos proteicos e corpos lipídicos são estruturas de armazenamento que são encontradas na aleurona. O embrião encontra-se no lado ventral da base do grão, representando aproximadamente 1% a 2% do peso do grão integral. Já na parte mais interna se encontra o endosperma, representando 90% do arroz integral, onde encontra-se a maior parte do amido presente no grão, como é representado na figura 2 (JULIANO; BECHTEL, 1985; WALTER et al., 2008). Segundo Frei (2003) a concentração de amido no arroz pode variar devido a fatores genéticos e ambientais, onde ele obteve teores de amido entre 72 e 82% de diferentes cultivares.

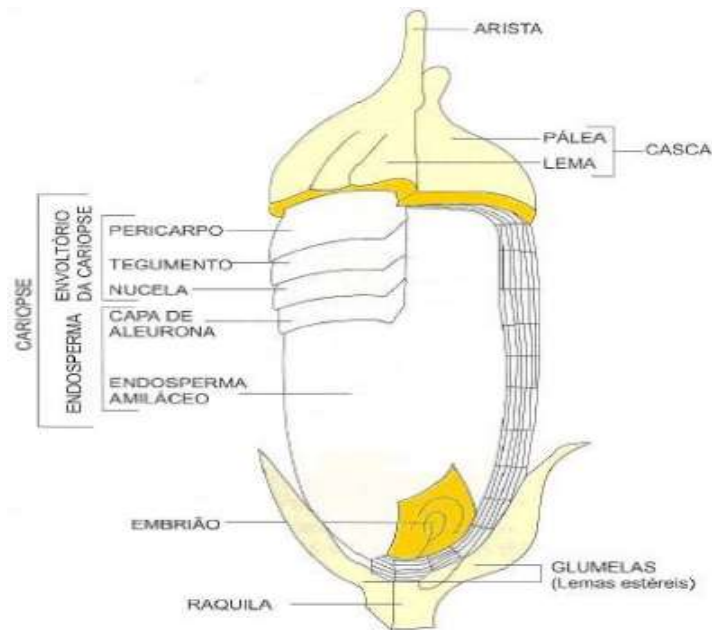


Figura 2 - Estrutura do grão de arroz

Fonte: VIEIRA; RABELO, 2006.

Em sua maior parte, o arroz é composto por amido, apresentando também em menores quantidades: lipídios, proteínas, cinzas e fibras. As camadas mais externas do grão são ricas em lipídios fibras, vitaminas, minerais e proteínas, encontrando em sua parte interior a maior concentração de amido (ZHOU et al., 2002; WALTER et al., 2008).

3.3. CARACTERÍSTICAS DAS VARIEDADES DE ARROZ

BRS é a identificação das cultivares produzida pela Embrapa. Elas são desenvolvidas visando alta produtividade e qualidade de grãos aliadas a características de planta que contribuem para redução de custos da lavoura, aumento da rentabilidade do produtor e preservação do meio ambiente (EMBRAPA, 2014).

O presente trabalho utilizou três cultivares diferentes de arroz; a BRS Sertaneja, a BRS Serra dourada e a BRS Catiana.

BRS SERTANEJA - Caracteriza-se por possuir plantas vigorosas, de porte médio e moderadamente perfilhadora. Apresenta moderada resistência à mancha parda, escaldadura e mancha de grãos. Suas panículas são longas, com elevado número de grãos. O rendimento de inteiros no beneficiamento é alto e estável, com grãos beneficiados translúcidos. (EMBRAPA, 2014)

BRS SERRA DOURADA - É uma cultivar de arroz especialmente desenvolvido para sistemas agrícolas com uso menos intenso de tecnologias e em pequenas propriedades. Fruto de uma parceria entre Embrapa, Emater/GO e UFG, se destaca pela qualidade de grãos e moderada resistência à brusone. (EMBRAPA, 2014)

BRS CATIANA – Cultivar de produção de grãos longos, finos como preferido pelo mercado brasileiro. Apresenta elevado potencial produtivo, adequada qualidade industrial e culinária de grãos, tolerância ao acamamento e boa resistência às principais doenças do arroz, a cultivar BRS Catiana se constitui em uma das melhores alternativas para o cultivo de arroz irrigado, notadamente na Região Tropical brasileira. (MORAIS, 2016).

O arroz pode chegar a teores de amido de até 90%, esses valores serão de acordo com o tipo de beneficiamento que ele recebeu.

3.4. BENEFICIAMENTO DO ARROZ

No Brasil a principal forma de consumo do arroz é em grãos inteiros, sendo classificados de acordo com seu beneficiamento como: arroz branco, integral e parabolizado. O mais consumido no país é o arroz branco, obtido a partir do polimento do grão integral. O arroz integral é mais rico em nutrientes, porém pouco consumido, sendo o material que no beneficiamento se retira apenas a casca. Já o parabolizado é aquele que ainda em casca foi emergido em água quente mantendo os nutrientes, esses que eram perdidos no processo de polimento do arroz no beneficiamento para se obter arroz branco. (VIEIRA; RABELO, 2006)

Castro (1999), diz que as etapas do beneficiamento correspondem em descascamento dos grãos (casca representa 20 a 22% de seu peso total) brunição e o polimento. O grão integral (classificação que se dá ao grão após o descascamento) passa para as outras etapas de brunição e polimento (em que são retirados, parcial ou totalmente, o embrião e a maior parte da película que recobre o grão), como representa a figura 3.

Um dos resultados desse processo é o farelo, que representa 8% do volume do produto em casca ou 10% produto descascado. Logo após ocorre a etapa de separação das frações de grãos quebrados (14%) e inteiros (58%), classificando os grãos quebrados em grandes, médios e quítera.

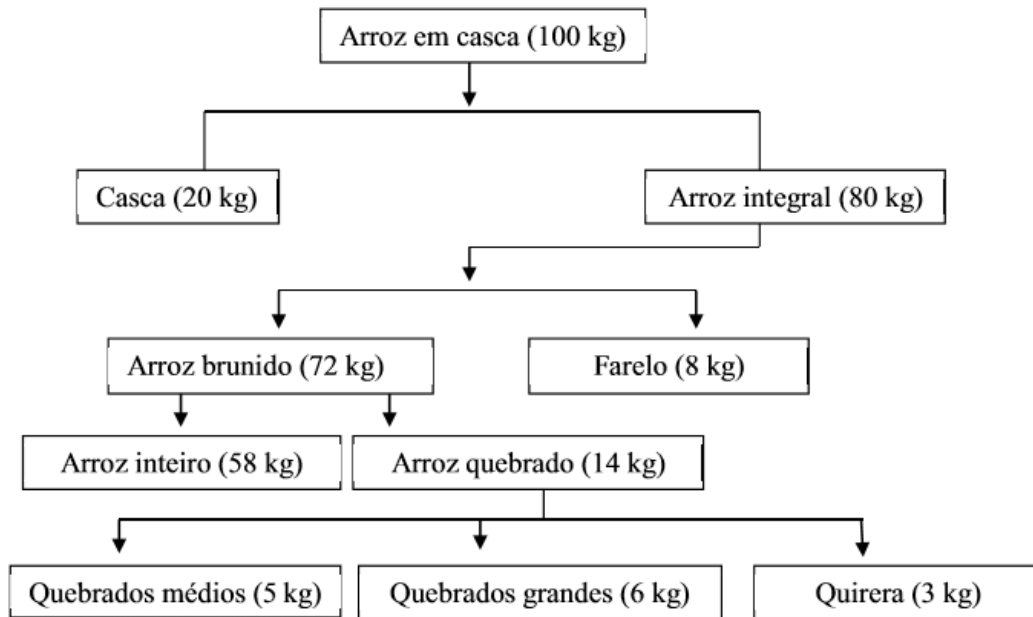


Figura 3 – Fluxograma do rendimento de arroz e seus produtos e subprodutos
Fonte: Castro et al, 1999.

A quirera é um co-produto do beneficiamento do arroz, resultado da separação da fração íntegra, destinada a alimentação humana, dos grãos quebrados e malformados representando aproximadamente 14%. Esta separação é obtida através da peneiragem após a retirada da casca do grão (SALEH & MEULLENET, 2013). Em sua composição química e valor energético, a quirera de arroz apresenta resultados semelhantes ao milho. Possui uma concentração média de amido de 74,45%, proteína bruta de 8,50%, gordura de 1,14%, além de apresentar teores de 0,40% de arginina, 0,69% de leucina, 0,39% de fenilalanina, 0,45% de valina, 0,21% de metionina+cistina, 0,29% de lisina, 0,28% de treonina e 0,50% de fibra bruta (ROSTAGNO et al., 2011).

Conab (2017), em seu oitavo levantamento relata, que a safra 2016/17 no Brasil, indica uma redução na área plantada de 2,3% em relação à safra anterior, influenciada pela redução de áreas do sistema de sequeiro, observando um aumento no plantio de área irrigada, o que explica um aumento na expectativa de produtividade de 15,5%, onde deve chegar a aproximadamente 12 milhões de toneladas, um aumento de 12,8% comparado à safra 2015/16.

A região sul continua líder, sendo responsável por 86% da produção nacional onde se estima um crescimento de 1,9% em relação sobre safra anterior, acompanhada da região norte, tendo uma redução de 0,5% em sua área plantada em relação a temporada passada. No Brasil,

o cereal ocupa o terceiro lugar na produção de grãos, ficando somente atrás da soja e do milho (EMBRAPA, 2005).

Rostango (2005) relata que a quirera é um produto de alta qualidade, podendo ser comparada ao grão de milho, pois possui um nível proteico e energia metabolizável igual e níveis levemente superior de lisina e de metionina, além de ser rico em amido, conferindo uma importância tecnológica e nutricional. Apresenta uma generosa contribuição de amido, podendo ser utilizada em forma de farinha, na elaboração de diversos alimentos processados, como pães, biscoito e bebidas fermentadas.

3.5. AMIDO E SUA HIDRÓLISE

O amido é um carboidrato de reserva presente em grande parte dos vegetais. Se encontra em cereais na quantidade de (40-90% do peso seco) e em tubérculos (65-85%), encontrando-se em menor proporção em frutas e leguminosas. É um polissacarídeo formado por monômeros de glicose, formadores de cadeias tipo α glicosídica, sendo fornecedoras de 70-80% das calorias que o ser humano consome.

Considerado como homopolissacarídeo é a fonte mais importante de carboidrato na alimentação humana. É composto por cadeias de amilose (possui moléculas de glicose - $C_6H_{10}O_5$ - unidas por ligações glicosídicas α -1,4) e amilopectina (possui uma longa cadeia ramificada de glicose, sendo que a cada 30 ligações α -1,4 existem uma ligação α -1,6), que estão associadas entre si por pontes de hidrogênio (DENARDIN *et al*, 2009; CEREDA *et al.*, 2001; LAJOLO; MENEZES, 2006; FERREIRA, 2012).

Pode-se subdividir o amido em: amidos de cereal e amidos derivados de raízes e tubérculos. Os grânulos de amido têm o tamanho compreendido entre 1 a 100 μ m, variando a forma dos grânulos conforme a espécie, enquanto que a distribuição de tamanho varia de acordo com o estágio de desenvolvimento da planta. Os grânulos de diferentes fontes botânicas vão variar na composição, forma e tamanho. (FRANCO *et al.*, 2002; ROCHA, DEMIATE & FRANCO, 2008).

Lopes *et al*, 2011 diz que as principais fontes de amido utilizadas industrialmente são o milho, a mandioca e a batata. O maior produtor mundial de álcool são os EUA, que utilizam amido de milho como matéria-prima. No Brasil, produziu-se álcool de mandioca até 1980, quando as unidades existentes ou encerraram suas atividades ou passaram a operar com cana-de-açúcar.

Para fontes amiláceas é necessária a conversão do amido em açúcares para posterior fermentação o que ocorre por meio de hidrólise. A hidrólise enzimática torna-se necessária, pois a grande maioria das leveduras produtoras de etanol não consegue fermentar diretamente o amido, que precisa ser hidrolisado pela combinação de duas enzimas (α -amilase e amiloglicosidase) antes da fermentação por *S. cerevisiae* (BOM, et al.; 2008).

A produção de álcool de material amiláceo originário de fontes amiláceas é realizada nas seguintes etapas:

- a) Lavagem da biomassa e fragmentação em moinho de martelos, reduzindo-os a fragmentos menores que 1 mm.
- b) O material fragmentado é misturado com água e, em seguida, cozido.
- c) Com o uso de alfa amilase, o amido é hidrolisado em glicose.
- d) O líquido rico em glicose resultante é então fermentado e destilado

A hidrólise enzimática do amido é realizada em duas etapas denominadas liquefação e sacarificação. Durante o processo de liquefação, os grânulos de amido são dispersos em solução aquosa, aquecidos ocasionando a gelatinização e hidrolisados parcial e irreversivelmente, com auxílio de uma α -amilase. Após a liquefação, a solução de maltodextrina é hidrolisada a glicose por uma enzima desramificante, seja endoenzima ou uma exoenzima. No final o resultado da segunda etapa se obtém uma solução de sacarídeos de baixo peso molecular como glicose e maltose (MAAREL et al., 2002).

A variedade da cultura, condições ambientais, processamento e armazenamento influenciam em valores teores das frações do grão, como no caso do polimento do grão onde a diminuição de diferentes nutrientes exceto o amido. (ZHOU et al., 2002; WALTER et al., 2008).

3.6. SORO DE QUEIJO

O soro de leite ou de soro de queijo é um subproduto, resultante da precipitação e remoção das caseínas do leite durante a produção de queijo tendo em sua composição aproximadamente 4,5% de lactose, 0,6-0,8% de proteína, 0,03-0,01% de gordura, 0,5-0,8% de minerais, principalmente, cloreto de sódio, além de fosfato e cálcio e 0,2-0,8% de ácido láctico,

sendo que esta composição varia de acordo com a qualidade do leite utilizado e com o tipo de queijo produzido. (REVILLION et al., 2000. MURARI et al.,2011).

Os fabricantes de produtos lácteos enfrentam problemas ligados a qualidade e controle ambiental, juntamente com o elevado consumo de água, além de laticínios possuírem um potencial poluidor muito alto, sendo que, possivelmente alguns efluentes cheguem a ser até cem vezes mais poluidores que o esgoto doméstico. (SESSIN. 2013)

A sua geração na produção de queijos representa 80 a 90% do volume total de leite que entra no processo e contém cerca de 50% dos nutrientes do leite: proteínas solúveis, lactose, vitaminas e minerais. Com o início da fabricação de queijos em larga escala, a disposição desse resíduo tornou-se um grande problema, uma vez que era descartado sem que fossem consideradas as consequências ambientais. Aos poucos esse resíduo passou a ser tratado como sub-produto e a ser utilizado para produção de lactose e principalmente na alimentação de animais, e atualmente já pode ser considerado pelo seu valor nutricional, o que faz com que seu beneficiamento ou utilização adequados tenham grande importância econômica (MAGANHA 2006) .

Considerado um dos efluentes líquidos que mais contribuem para a alta carga poluidora das indústrias de laticínios o soro apresenta uma Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) variando de (25.000 a 120.000) mg/L-1, sendo que nele está contida aproximadamente metade dos sólidos de leite integral (FEAM, 2003).

A produção mundial de soro de leite foi estimada em cerca de 180 a 190 × 10⁶ tonelada/ano onde aproximadamente 50% do soro de queijo mundial a produção é tratada e transformada em vários alimentos e produtos. Metade desse montante é usado diretamente na forma líquida, 30% como soro de queijo em pó, 15% como lactose e seus subprodutos e o resto como concentrados de proteína de soro de queijo. (BADASSO,2011., SPALATELU, 2012)

Por ter um baixo custo e ser rico em nutrientes o soro de queijo é considerado uma excelente matéria prima para produção de etanol. Mais um fator que torna o soro de queijo atrativo é que a disponibilidade de lactose para a produção de etanol é ultrapassa 4 milhões de toneladas por ano e que possui uma eficiência de conversão podendo chegar até a 85%. (GUIMARÃES et al 2010; GARBATO, 2011).

3.7. LACTOSE

Guimarães, (2008) diz que a quantidade de excedente de soro gerado, juntamente com a necessidade de obtenção substratos baratos, mais os contínuos avanços na biotecnologia microbiana, irão incentivar a futura exploração da lactose de soro de leite como matéria-prima de fermentação para obter produtos de valor agregado.

Açúcar do leite chamada de lactose presente no soro do leite é um dissacarídeo redutor constituído por um radical D glicose e outro D – galactose, unidos por uma ligação β -1-4 glicosídica. (WAKSTRA & JENNESS, 1984; HOLSINGER et al., 1974). A baixa solubilidade em água e baixo poder adoçante são algumas características da lactose. Ela também pode ser hidrolisada utilizando-se a enzima β -Galactosidase, que também é conhecida como Lactase, e classificada como uma hidrolase, com a capacidade transferase para grupos galactosil, catalisando a reação da lactose para forma glicose e galactose, além de enriquecer o produto hidrolisado com galactoligossacarídeos. (LOPEZLEIVA & GUZMAN, 1985).

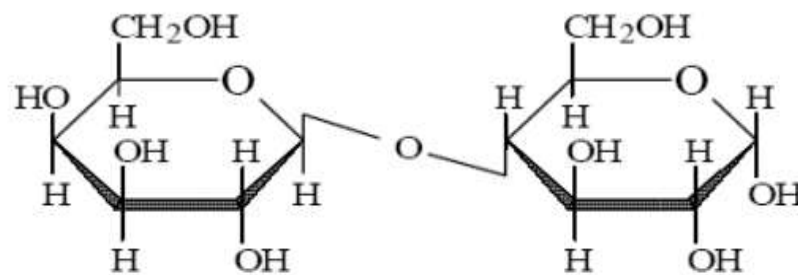


Figura 4 - Estrutura da lactose.

Fonte: (ZADOW, 1986)

Para hidrólise da lactose em seus monossacarídeos constituintes (glicose e galactose), tem-se a opção de utilizar as hidrólises: ácida, catalítica ou enzimática. No qual a hidrólise enzimática com a enzima β -galactosidase é mais branda do que os outros dois procedimentos, reduzindo os efeitos de corrosão do processo sobre equipamentos e a formação de subprodutos não desejados (BARBOSA;2010).

A β -galactosidase pode ser encontrada em vegetais, em órgãos animais e podem ser produzidas também em grande quantidade por microrganismos, como bactérias, leveduras e fungos filamentosos. Essa enzima é responsável pela formação de glicose e galactose através da catalisação do resíduo terminal da β -galactopiranosil para formação desses monossacarídeos. (SANTIAGO et al., 2004).

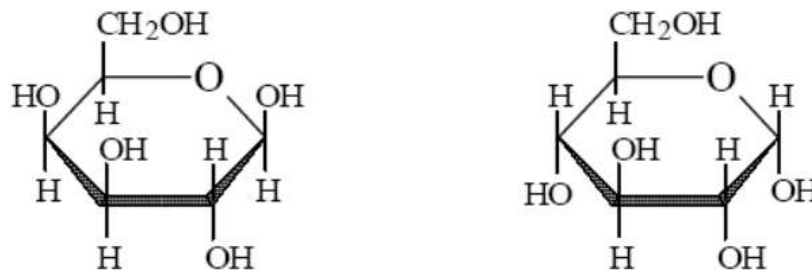


Figura 5 - Representação das Estruturas da Galactose e Glicose

Fonte: (ZADOW, 1986)

Com avanços tecnológicos, o soro vem tornando-se um valioso co-produto agregado para indústria leiteira, deixando de ser um poluente e transformando-se em um ótimo ingrediente contendo ótimas características nutricionais, tendo pesquisas apontando suas propriedades nutricionais e funcionais, apresentado na Tabela 1 (POPPI et al., 2010).

Tabela 1 - Composição genérica do leite bovino e soro.

COMPONENTES	Concentração no leite (% m/v)	Concentração no soro (% m/v)
Caseína	2,8	0
Proteínas	3,7	0,9
Gordura	3,7	0,04
Cinza	0,7	0,7
Lactose	4,9	4,9
Sólidos Totais	12,8	6,35
Umidade	87,2	93,5

Fonte: Pinto, 2010.

Guimarães (2010) diz que a utilização do soro de queijo para a produção de etanol, revelou-se uma opção bastante vantajosa, representando uma alternativa interessante do ponto de vista técnico, ambiental e econômico. Desse modo, a utilização deste co-produto industrial, pode minimizar o seu potencial poluidor, além de tornar a produção de etanol um processo menos oneroso e bastante vantajoso em termos de produtividade.

Uma das utilidades do soro de queijo é como substrato para o crescimento de diferentes micro-organismos com capacidade de assimilar a lactose como fonte básica de carbono e energia, reduzindo a sua carga poluente, gerando produtos de elevado interesse comercial como

é o caso do etanol, podendo ser utilizado na fabricação de bebidas alcoólicas e também como combustível, além da biomassa que é recuperada após centrifugação, sendo esta utilizada na alimentação humana e animal (SILVEIRA, 2006).

Uma alternativa interessante e a fermentação alcoólica para a biorremediação de poluentes permeiam o que resta após a separação das proteínas do soro. A fermentação de lactose de soro de leite ao etanol, em particular, utilizando as leveduras. Embora as leveduras que assimilam lactose aeróbia são comuns, aqueles que fermentam a lactose são bastante raras (FUKUHARA, 2006).

3.8. FERMENTAÇÃO ALCÓOLICA

A fermentação é caracterizada como a conversão de açúcares assimiláveis em etanol, ocorrendo dentro de microrganismos através de reações bioquímicas reguladas enzimaticamente, onde a oxidação do substrato gera um composto orgânico, garantindo um mínimo de energia necessário para manutenção da célula e o equilíbrio oxidativo. (CINELLI, 2012). A transformação bioquímica de glicídios em etanol e CO₂ ocorrem somente na presença de células vivas, sendo elas leveduras, fungos ou bactérias e com capacidade de sobreviver tanto em condições aeróbicas ou anaeróbicas (BARCELOS, 2012). A conversão de açúcares para etanol é característica de um pequeno e seletivo grupo de microrganismos, sendo a *Saccharomyces cerevisiae*, dentre as leveduras, a que mais se destaca pela alta produção e tolerância a concentrações elevadas de etanol (SCHWAN; CASTRO, 2001).

Dentre leveduras e bactérias que fermentam os açúcares utilizados, a espécie *Saccharomyces cerevisiae*, já vem sendo utilizada a milênios e atualmente é empregada na fermentação de glicose para produção de etanol. A fermentação pode ser conduzida em alguns processos que são: batelada, batelada alimentada ou contínua; porém grande parte dos processos fermentativos industriais envolvendo *Saccharomyces cerevisiae* é conduzida em batelada alimentada (WYMAN, 2007). Algumas leveduras mostram-se também eficientes na fermentação, e o caso as leveduras *Kluyveromyces marcianus* e a bactéria *Zymomonas mobilis*, porém é o gênero que se destaca é da *Saccharomyces* pela elevada produção e tolerância a altas concentrações de etanol (SCHWAN, 2001)

Lopes et al. (2005), relata que a obtenção do fermentado se dá pela fermentação alcoólica, por difusão, que é o tipo de fermentação em que se obtêm essencialmente etanol, mas que compreende um grupo de reações onde são produzidos também outros alcoóis, como o

metanol, por exemplo. O açúcar que é encontrado no mosto além de ser utilizado pela levedura para a produção de etanol, produz também gás carbônico, massa celular, ácidos succínico e acético, glicerol, álcoois superiores, ésteres, aldeídos, entre outros produtos (BRAGA, 2006)

Aliado pela crescente demanda por energia e a disposição de elevados volumes de soro produzidos por laticínios, estudos relacionados a produção de etanol por fermentação do soro de leite vem sendo feita desde a década de 80 (MAWSON, 1994).

Segundo Andrade, (2008) a produção de etanol a partir do soro de queijo, tem um desafio enorme que é a escolha do microrganismo, o que se deve ao reduzido número de linhagens capazes de fermentar diretamente a lactose presente no soro, comparado com a quantidade de linhagens que fermentam glicose a etanol.

A levedura *Saccharomyces cerevisiae* vem sendo o microrganismo tradicionalmente empregado em fermentação alcoólica, a mesma é incapaz de metabolizar a lactose do soro, devido à ausência das enzimas β - galactosidase e da permease da lactose no qual permite a entrada da lactose no interior da célula (SISO,1996).

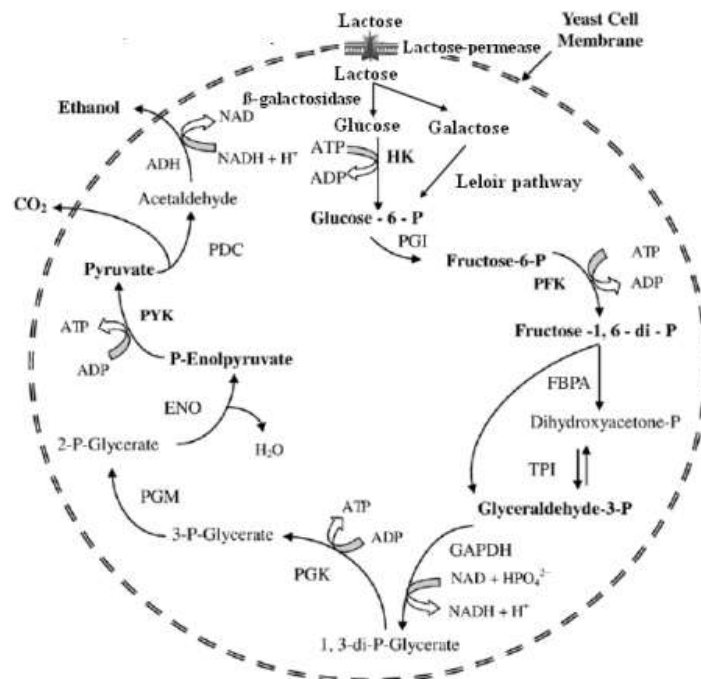


Figura 6 - Rota metabólica da fermentação da lactose em etanol

Fonte: (BAI ET AL, 2008).

Em linhagens fermentadoras de lactose, como *Kluyveromyces marxianus* e *Kluyveromyces lactis*, encontra-se dois genes LAC 12 e LAC 4, responsáveis pela codificação das enzimas lactose permease e β -galactosidase que desempenham papéis importantes dentro do metabolismo. Sendo a lactose permease, a responsável pelo transporte da lactose através da

membrana citoplasmática para o interior da célula e a β -galactosidase responsável por realizar a hidrólise da lactose em glicose e galactose (GUIMARÃES et al,2010, GARBADO,2011).

Com a capacidade de assimilar uma enorme variedade de compostos carbônicos, como pentoses e dissacarídeos, incluindo a lactose tornam a *K. lactis* uma levedura importante para o processo de biorremediação e metabolização de substratos ou resíduos de baixo valor econômico. Sabendo-se que a mesma possui uma elevada adaptação em ambientes oxidativos do que *S. cerevisiae* (DINIZ, 2009)

Caso a levedura *S.cerevisiae* tivesse a capaz de utilizar a lactose como a única fonte de carbono, esta seria a melhor opção para a fermentação da lactose, devido a sua ampla utilização na indústria cervejeira e os procedimentos para a produção comercial de etanol e biomassa já estarem consolidados (DOMINGUES, 2001).

Porém o uso de *S. cerevisiae* na conversão de etanol é empregada de duas maneiras distintas, sendo a primeira utilizando-a em soro previamente hidrolisado com β -galactosidase como substrato para a fermentação e a segunda optando pela co-imobilização da enzima β galactosidase com as células da levedura com o intuito de evitar o passo de pré-hidrólise, etapa que eleva o custo do processo (BACH, 2011).

3.9. ETANOL DE FONTES AMILÁCEAS

Silveira (2008) mostra os indícios de mudanças climáticas juntamente com a perspectiva com o fim do petróleo em 2050 e importante a busca de novas fontes de matéria prima para produção de etanol passa a ser prioridade internacional, o que acarretará em uma redefinição de um novo posicionamento geopolítico devido à entrada de países na produção de biocombustíveis.

O etanol combustível produzido a partir de biomassas que apresentam em sua composição um grande teor de amido, vem se mostrado satisfatório para atender a demanda. (AJIBOLA, 2014). América do Norte juntamente com alguns países Europeus e da Ásia Central já se utilizam de matérias-primas amiláceas para fins energéticos, isso pelo motivo que regiões de clima temperado são favoráveis ao cultivo de biomassas amiláceas como: milho, mandioca e batata-doce (PIETRZAK, 2014).

A biomassa amilácea mais utilizada na produção de etanol e o milho, contendo em seus grãos aproximadamente 72% de amido, 9,5% de proteínas, 9% de fibras e 4 % de óleo. (PAES, 2017). No ano

de 2016 os E.U.A. produziram 58% do etanol total do mundo, tendo como fonte de produção o milho como matéria-prima. (MOHD, 2017)

A mandioca tem um forte potencial para uso nas indústrias de etanol, por se tratar de um tubérculo rico em amido. Tem também uma vantagem ligada ao plantio, devido ao seu rápido crescimento, o que ajuda as indústrias poderem operar em qualquer época do ano. (AJIBOLA, 2014).

Outro tubérculo que contém grande quantidade de amido é a batata doce. Tendo uma boa adaptabilidade as mais diferentes altitudes e aos mais diferentes tipos de solo, juntamente aos baixos em relação a custos necessários para o plantio e colheita, a tornam atrativa para ser adotada como matéria prima para indústrias de bioetanol (WIDODO, 2015).

Vários estudos têm sido conduzidos na Universidade Federal do Tocantins como Castro 2009, utilizando-se de duas variedades de batata-doce, conseguiu chegar ao rendimento de 170 L/ton de raiz demonstrando a capacidade da batata na produção de etanol; Carvalho 2011 em experimento utilizando-se de mandioca conseguiu alcançar o rendimento de 162, 40 L/t com uma variedade.

4 METODOLOGIA

4.1 . MATÉRIAS-PRIMAS

4.1.1 OBTENÇÃO E PREPARAÇÃO DAS VARIEDADES DE ARROZ

Foram avaliadas neste experimento três variedades de arroz: a BRS Catiana, a BRS Sertaneja e a BRS Serra dourada, provenientes do Centro Agrotecnológico (Fundação Universidade do Tocantins e Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Arroz e feijão), situada na cidade de Palmas/TO no período de março de 2017. Coletou-se 1 kg de arroz de cada uma das variedades e acondicionando-se em sacos limpos de polietileno.

O processo de descascamento das amostras foi feito manualmente, como é realizado por pequenos produtores. Após o descascamento, as amostras foram moídas em moinho de facas (modelo SL 31, marca Solab), com peneira de 10 Mesh Tyler, obtendo-se a farinha do arroz, armazenando-se em sacos plásticos e acondicionados até o momento da sua utilização.

4.1.2 OBTENÇÃO DE SORO DE QUEIJO

Para a obtenção do soro de queijo foram utilizados 20 litros de leite pasteurizado tipo C, refrigerado a 5°C, provenientes de laticínios, que foram armazenados no Laboratório de

Tecnologia de Leite e Derivado no Centro Tecnológico Agroindustrial e Ambiental da Universidade Federal do Tocantins – Campus Palmas.

O leite foi aquecido à temperatura de 75° por 3-4 minutos com um imediato resfriamento a baixa temperatura, chegando até 35°C. Em seguida acrescentou-se 10 ml da solução de cloreto de cálcio a 50% (p/v) do leite e foi homogeneizado. Na sequência adicionou-se 1,0% de fermento láctico mesófilico tipo “O” (*S.lactis* e *S. cremoris*); homogeneizando-se por 15-20 minutos. Em seguida foram acrescentados 0,6 g de coalho, misturando-se bem, deixando-se o leite repousar por 40-50 minutos até a formação da coalhada. A coalhada foi cortada em cubos de 2 cm, aproximadamente, e agitada para obter uma ligeira firmeza e maior liberação de soro. O soro obtido foi pasteurizado a temperatura de 80°C, por 1 minuto; sendo resfriado até temperatura de 50°C e armazenado em recipientes para procedimento da hidrólise imediata do mesmo.

4.1.3 HIDRÓLISE DA LACTOSE PRESENTE NO SORO DO QUEIJO

Para a realização da hidrólise enzimática da lactose, foi utilizada a enzima lactase comercial Lactase de *Aspergillus oryzae*, com pH ótimo entre (4-7), fabricada e distribuída por MAXINUTRI. Os parâmetros determinados foram as concentrações de enzima e o tempo de hidrólise. As concentrações experimentais da enzima foram de 0,2% m/v, 0,5% m/v e 1% m/v em tempos de 4, 8 e 12 horas para cada concentração. O volume de soro de queijo adicionado foi de 100 ml para cada série experimental, realizada em triplicata conforme procedimento descrito por Castro (2009).

4.2 DELINEAMENTO ESTATÍSTICO

O delineamento experimental utilizado foi o delineamento inteiramente casualizado (D.I.C), arranjos em esquemas de parcelas subdivididas, constituídos por 9 tratamentos e 3 repetições, totalizando 27 parcelas. Os tratamentos foram dispostos em um esquema fatorial 3x3, constituídos por três meios fermentativos (água, água + 50% de soro de queijo hidrolisado e 100% de soro de queijo hidrolisado) e 3 cultivares de arroz (BRS Sertaneja, BRS Catiana e BRS Serra Dourada). Os resultados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e comparados pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade pelo programa Assistat.

4.3. DETERMINAÇÃO DE PORCENTAGEM DE AMIDO E FIBRA NO ARROZ

Para a determinação de amido realizou-se análise em triplicata de cada variedade por Método Enzimático (AOAC Official Method 996.11) Starch Total, efetuado pelo laboratório de análises Ambiental e Resíduo – LAAR da Fundação ABC - Ponta Grossa – PR. A determinação de fibra também foi realizada pelo mesmo laboratório onde se utilizou o método POP 146 (ácido-base).

4.4. DETERMINAÇÃO DE CINZA DO ARROZ

Para determinação de cinzas, foi pesado acuradamente 1g da biomassa, em cadinho de porcelana, previamente calcinado em balança analítica zerada. A amostra foi aquecida em forno mufla a 300°C, por uma hora, e posteriormente a temperatura foi elevada para 550°C, durante 3 horas. Após este período o cadinho foi resfriado em dessecador e, em seguida, foi pesado para realizar-se o cálculo do conteúdo de cinzas na biomassa, por diferença de pesagens.

Fórmula para cálculo de cinzas:

$$\text{Cinzas (\%)} = \frac{100 \times N}{P} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

N = massa de cinzas (em gramas), ou seja, (massa do cadinho pós mufla – massa do cadinho vazio);

P = massa da amostra úmida (em gramas)

4.5. DETERMINAÇÃO DE UMIDADE DO ARROZ

O teor de umidade foi determinado utilizando uma balança de determinação de umidade iThermo 163 L de duplo gabinete. Foram pesados 1g de todas as amostras e analisadas em triplicata, sendo feita a média aritmética para a obtenção dos resultados, totalizando 9 amostras.

4.6. DETERMINAÇÃO DE MATÉRIA SECA DO ARROZ

A porcentagem de matéria seca foi determinada por diferença de peso analítico (precisão de 0,0001g), mantendo-se as alíquotas a 105° C em estufa com circulação e renovação de ar (Tecnal/TE-394/1), até peso constante. Os resultados foram obtidos através da média aritmética da triplicata e foram comparados aos dados descritos por Silveira (2007).

4.7. ANÁLISE DA PROTEÍNA BRUTA DO ARROZ

As análises de proteína bruta foram realizadas em triplicata no Laboratório de Solos de Agroenergia (LABSOLOS) da Universidade Federal do Tocantins, por meio da metodologia proposta por Silveira (2007) e Stefanoni Junior (2009). O método de Kjeldahl baseia-se em três etapas: digestão, destilação e titulação. A equação usada para o cálculo da porcentagem da proteína bruta do co-produto final do processo de produção de etanol a partir desta fonte amilácea, está representada pela equação abaixo:

Fórmula para o cálculo de porcentagem de proteína bruta:

$$\%PB = K * V * \text{Fator} / P \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:

V: volume gasto de H₂SO₄ na titulação

P: peso da amostra

Fator: conversão de N₂ para proteína. Para proteína animal e vegetal, o Fator é igual a 6,25 segundo Jong (2002).

4.8.DETERMINAÇÃO DO pH DO SORO DE QUEIJO

O aferimento do pH foi realizado utilizando o medido de PH de bancada da marca Datalogger PH- 221 previamente calibrado, no LABIC (Laboratório de Instrumentação Científica)

4.9. ENZIMAS UTILIZADAS NA HIDRÓLISE DO AMIDO

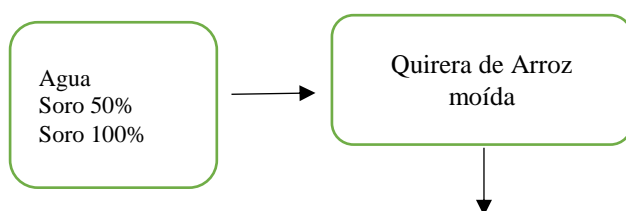
Para etapa de hidrólise enzimática da farinha de arroz foram utilizadas duas enzimas amilolíticas, uma endoamilase (α -1-4) e uma exoamilase (α -1-4 e α -1-6). A endoamilase foi a α -amilase termoestável Liquozyme Supra 2.2X, produzida por cepas de *Bacillus licheniformis*, que possui atividade enzimática de 300KNU/g e a exoglucosidade foi a AMG 300L, produzida por cepas de *Aspergillus niger*, cuja atividade enzimática é de 300AGU/mL. As duas enzimas utilizadas neste trabalho foram fabricadas pela Novozyme do Brasil S.A. e distribuídas por Tovani Ltda.

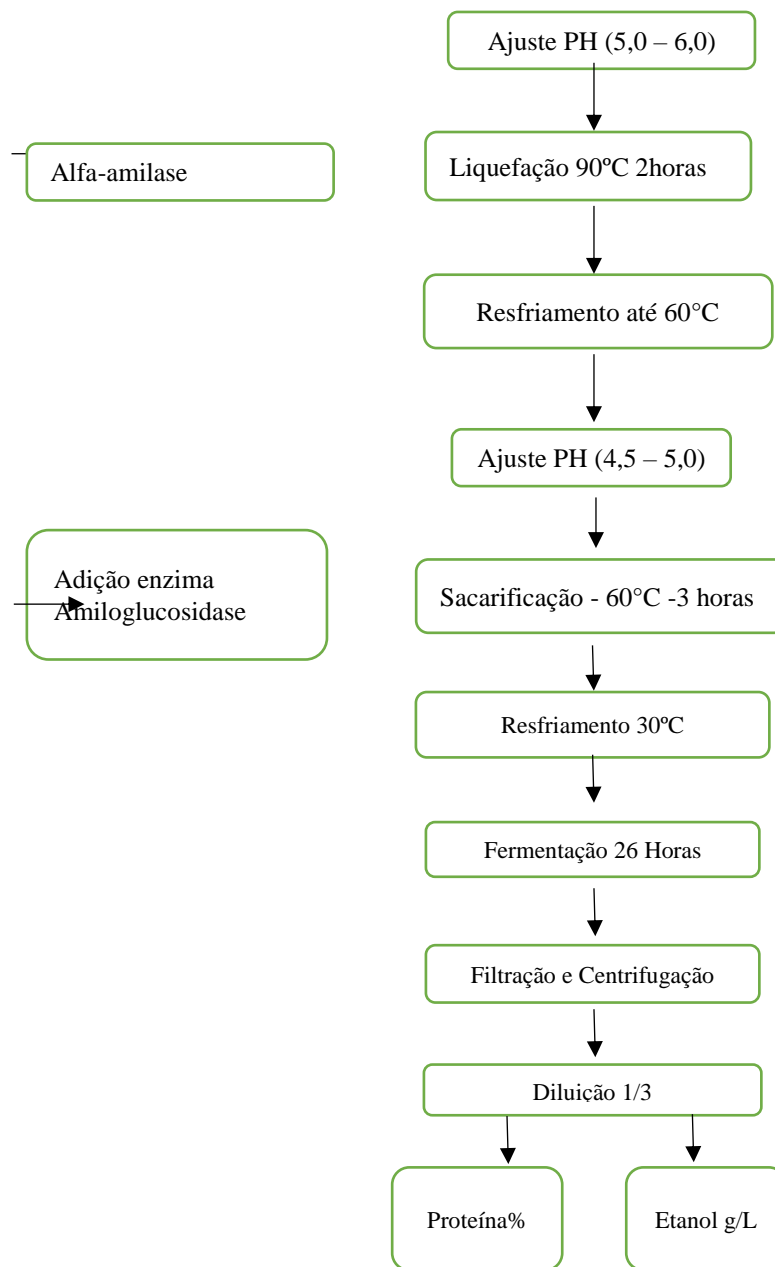
4.10. BIOPROCESSO PARA PRODUÇÃO DE ETANOL

Os experimentos para obtenção e análise do etanol foram conduzidos na área do Centro Tecnológico Agroindustrial e Ambiental da Universidade Federal do Tocantins no Campus de Palmas – TO, no Laboratório de Sistemas de Produção de Energia a partir de Fontes Renováveis (LASPER) e no Laboratório de Instrumentação Científica (LABIC).

O processo desenvolvido para produção de etanol a partir de arroz foi realizado atendendo ao protocolo de obtenção de etanol já utilizado no LASPER, adaptado da metodologia de Cereda (1996), obedecendo-se aos procedimentos descritos a seguir e ilustrados na Figura 7.

Figura 7 - Fluxograma obtenção de etanol





As amostras de arroz moídas, foram suspensas em água destilada e soro (50% e 100%) na proporção de 200 g/L, sendo que foram pesados 20 gramas de amostra para cada material e colocados em erlenmeyers de 250 ml, acrescentando 100 ml de água destilada e soro conforme o modelo experimental. Em seguida o pH foi ajustado para uma faixa entre 5,0 – 6,0 com adição de ácido clorídrico e a solução foi aquecida gradualmente até atingir temperatura de 60°C.

Depois de estabilizada a temperatura, foi adicionada a enzima α -amilase na concentração de 30 μ l/g de farinha. A partir desse momento a temperatura foi elevada para 90°C, gradualmente, e mantida por 2 horas para completa ação da enzima.

Após a ação enzimática, o meio foi resfriado até atingir a temperatura de 60°C. Neste momento o pH foi ajustado para uma faixa de 4,5 – 5,0 e a enzima sacarificante amiloglucosidade foi adicionada na concentração de 40 µl/g de farinha. Para esta etapa, o tempo de atuação da enzima foi de 3 horas.

Com a finalização do processo de hidrólise, foram coletados os hidrolisados, os quais foram acondicionados em eppendorfs e centrifugados em centrífuga Excelsa II (marca Fanem, modelo 206 BL), a 2500rpm por 10 minutos. Posteriormente, os hidrolisados foram filtrados utilizando membranas PTFE hidrofílica com poro de 0,22µm, para posterior determinação dos açúcares redutores.

Para a etapa de fermentação, o mosto hidrolisado foi resfriado para a temperatura de 30°C e inoculado com fermento comercial de panificação (Marca Fleischmann), à base de *Saccharomyces cerevisiae* na concentração de 5%, (P/V) possibilitando-se assim, o desenvolvimento deste e sua conseqüentemente fermentação.

Esta etapa foi conduzida em erlenmeyers de 250 ml, com aproximadamente 100 ml de meio hidrolisado. Após inoculado, na proporção de 5% (farinha/inóculo), o mosto foi incubado em shaker de agitação orbital, Modelo Cienlab – CE 270/D.

4.11. FERMENTAÇÃO ALCOÓLICA DO HIDROLISADO

Para realização do processo de fermentação alcoólica foi realizado um teste prévio com os meios fermentativos, onde se utilizou erlenmeyers de 250 ml com 100 ml de meio hidrolisado e inoculação de fermento na proporção de 1g, colocados em shaker de agitação orbital, Modelo Cienlab – CE 270/D. O processo ocorreu em temperatura a 30° C e pH 5,0 e a inoculação correspondeu ao tempo zero da fermentação, conforme protocolo descrito por CEREDA, (1996) e SIEPMANN (2014).

Foram coletadas alíquotas do mosto no período de 3 em 3 horas, até a décima segunda hora, perfazendo o equivalente a quatro coletas, com a quinta coleta da amostra após 24 horas de fermentação. A partir deste momento realizou-se coleta de 2 em 2 horas, até a 36ª hora, coletando-se a última amostra após 48 horas. Estas alíquotas foram acondicionadas em eppendorfs e centrifugadas em centrífuga Excelsa II marca Fanem, modelo 206 BL, a 2500 rpm por 10 minutos. Em seguida foram filtradas, utilizando-se membranas PTFE hidrofílica, com poro de 0,22 µm, para posterior determinação dos açúcares redutores e concentrações de etanol.

4.12. DETERMINAÇÃO DO TEOR DE GLICOSE

Para realização da análise cromatográfica dos carboidratos foi utilizado um cromatógrafo líquido de alta eficiência (Marca Shimadzu – LC-10 Series Avp; Desgaseificador: DGU-14A, Integrador: CLASS LC-10) com eluição isocrática pelo bombeamento de uma fase móvel (Composição: 5 mM de ácido sulfúrico em água ultrapura – destilada e deionizada). O fluxo do eluente foi de 0,6 mL/min, a 30°C, com corrida de tempo total de 25 minutos. A detecção foi realizada em detector de índice de refração (Shimadzu, modelo RID-10A).

Uma alíquota de 50,0 µl da amostra foi injetada manualmente (injetor Rheodyne - iL malha 20) e permeada por uma coluna Phenomenex Rezex ROA-Organic Acid H+ (300 x 7,8 mm) com conexão direta a Cartucho de segurança Phenomenex Carbo-H (4 x 3 mm) preenchida com material semelhante ao da coluna principal.

Foram então gerados os cromatogramas com as específicas áreas, utilizadas para se encontrar as relativas concentrações de glicose e etanol.

A determinação da glicose na amostra foi realizada por cromatografia líquida de alta eficiência - CLAE. A curva de calibração para a glicose foi determinada por meio do preparo de 12 pontos, variando-se as concentrações nos intervalos de 0,5 a 70 g/L. Foi utilizado para o preparo dos padrões a Glicose (Marca: Sigma-Aldrich, Pureza \geq 99%), como apresentado na Tabela 3.

Para cada ponto foi gerado um pico no cromatograma, que para fins de cálculo foi realizado a integração desse pico e obtida sua área, como demonstrado na Tabela 4. Os 12 padrões geraram suas respectivas áreas, por onde pode-se obter uma equação do 1º grau (Gráfico 1 - Anexos), a fim de se calcular as concentrações de glicose para as amostras do presente estudo.

Para cada amostra analisada foi gerado um pico cromatográfico que após a integração determinou-se a área, e com esta área foi possível calcular a concentração de glicose por meio da equação do 1º grau na curva de calibração da concentração de glicose.

Tabela 2 - Padrão Glicose

PADRÃO DE GLICOSE PARA ELABORAÇÃO DE CURVA DE CALIBRAÇÃO	CONCENTRAÇÃO DE GLICOSE (G/L)
P.A 1	0,312

P.A 2	0,625
P.A 3	1,250
P.A 4	2,500
P.A 5	5,000
P.A 6	10,000
P.A 7	20,000
P.A 8	30,000
P.A 9	40,000
P.A 10	50,000
P.A 11	60,000
P.A 12	70,000

4.13. DETERMINAÇÃO TEOR DE ETANOL

A determinação do etanol nos mostos fermentados foi realizada por cromatografia líquida de alta eficiência – CLAE. A curva de calibração para o etanol foi determinada por meio do preparo de oito pontos variando as concentrações nos intervalos de 2,5 a 70 g/L. Foi utilizado para o preparo dos padrões Álcool Etílico (Marca: NEON, Pureza: 99,5%), como apresentado na tabela 4. Para cada ponto foi gerado um pico no cromatograma, que para fins de cálculo foi realizado a integração desse pico e obtida sua área, como demonstrado na tabela 7. Os oito padrões obtiveram suas respectivas áreas, quando obteve-se uma equação do 1º grau (Gráfico) com a finalidade de calcular as concentrações de etanol para as amostras do presente estudo, em que cada amostra analisada obteve um pico que após a integração determinou-se a área, e com esta área foi possível calcular a concentração de etanol por meio da equação do 1º grau na curva de calibração do etanol.

As condições para realização das análises para a determinação da concentração de etanol foram às mesmas utilizadas para a determinação da concentração de glicose.

Tabela 3 - Padrão Etanol

PADRÃO DE ETANOL PARA ELABORAÇÃO DE CURVA DE CALIBRAÇÃO	CONCENTRAÇÃO DE ETANOL (g/L)
P.A 1	2,500
P.A 2	5,000

P.A 3	10,000
P.A 4	20,000
P.A 5	30,000
P.A 6	40,000
P.A 7	50,000
P.A 8	60,000
P.A 9	70,000

4.14. ANÁLISE DA PROTEÍNA BRUTA TOTAL DO FERMENTADO SECO DO ARROZ

Ao final do processo de fermentação obteve-se um resíduo final sendo que parte deste resíduo foi colocado em estufa com circulação e renovação de ar (Tecnal/TE-3941/1) à 60°C durante 24 horas, segundo a metodologia proposta por Silveira (2007). Após secos, os resíduos foram triturados e armazenados. As análises foram feitas no Laboratório de solos do Mestrado em Agroenergia (LABSOLOS) da Universidade Federal do Tocantins, pelo método Kjeldahl.

A equação usada para o cálculo da porcentagem da proteína bruta do fermentado seco do arroz, está representada pela Equação seguinte:

$$\%PB = K \cdot V \cdot \text{Fator} / P \text{ (Equação)}$$

Onde:

V: volume gasto de H₂SO₄ na titulação

P: peso da amostra

Fator: conversão de N₂ para proteína. Para proteína animal e vegetal, o Fator é igual a 6,25 segundo Jong (2002).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. CARACTERIZAÇÃO CENTESIMAL DAS VARIEDADES

A Tabela 4 apresenta os resultados da composição centesimal das variedades estudadas no presente trabalho. Inicialmente as variedades de arroz em base seca foram submetidas à caracterização química como descrito no item (4.3).

Tabela 4 - Composição centesimal das variedades de arroz. (% P/P)

NUTRIENTE	BRS CATIANA (%)	BRS SETANEJA (%)	BRS SERRA DOURADA (%)
AMIDO	73,64	70,36	71,97
PROTEINA	7,16	9,75	10,68
CINZA	0,1	0,11	0,14
FIBRA	0,12	0,05	0,08
UMIDADE	9,8	9,6	7,75
MATÉRIA SECA	90,2	90,4	92,25

De acordo com Ajibola et. al. (2012), biomassas que apresentam em sua composição grande quantidade de amido têm se mostrado bastante eficiente para produção de etanol combustível. Sabe-se que o amido é um carboidrato e a partir de sua hidrólise as moléculas são quebradas transformando glicose em o etanol. As porcentagens de amido encontrado nas variedades de arroz obtiveram valores próximos aos encontrados por Rostango (2005), Gayen et al. (2016) e Pereira et al. (2017).

As concentrações de proteína encontradas nas farinhas de arroz neste trabalho estão semelhantes as encontradas por Gayen et al. (2016) e Rostango (2005), que relataram presença de até 8,2% e 8,47% respectivamente, porém situando-se na faixa elucidada por Derycke et al. (2005), que compreende de 4,5 a 10%.

As médias de determinação para cinzas, para as farinhas de arroz utilizadas neste estudo, não apontaram diferenças entre as variedades, estando abaixo dos valores relatados por Gayen et al. (2016) e Rostango (2005) que encontraram valores até 1,43% e próximo dos resultados apresentados por Walter et al. (2008) que encontrou 0,3%.

Os valores médios de fibra encontradas no estudo para quirera de arroz foram semelhantes entre as variedades, os resultados obtidos foram inferiores aos valores relatados por Walter et al. (2008) em arroz branco polido (2,87%) e Rostango (2005) na quirera do arroz (0,55%).

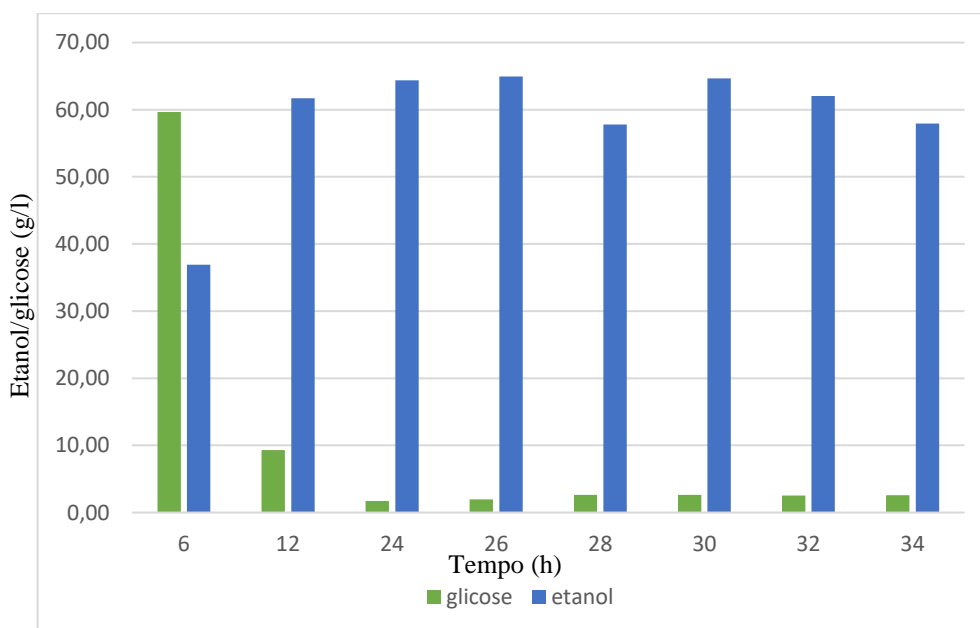
Os teores médios de umidade estão de acordo com o limite máximo (15%) como preconiza a Resolução RDC nº 263/2005 (BRASIL, 2005). A variedade BRS dourada obteve menor porcentagem de umidade o que pode ser relacionada ao tempo/temperatura de secagem aplicada aos grãos utilizados para moagem e obtenção das farinhas, e assim o menor percentual foi possivelmente por processos com maiores tempos ou temperaturas de secagem (WANG et al., 2017).

Os resultados médios obtidos de matéria seca comparados, com trabalhos descritos por Rostango (2005) e Silveira et. al. (2009), que utilizaram a mesma biomassa, demonstrou valores superiores.

5.2. FERMENTAÇÕES ALCOÓLICA

A análise foi realizada por cromatografia líquida de alta eficiência – CLAE onde observou-se por meio das áreas dadas pelo cromatograma, que a maior área de concentração foi alcançada com de etanol em soro 100% hidrolisado, as 26 horas de fermentação, mantendo-se esse valor até as 28 horas, quando a partir dessa hora verificou-se um decaimento do etanol, observando assim no gráfico 1 a representatividade da análise.

GRÁFICO 1 - Teste fermentação/ quantidade de glicose/quantidade etanol



5.3. CONCENTRAÇÃO DE GLICOSE – CURVA PADRÃO

Para cada amostra analisada obteve um pico que após a integração determinou-se a área, e com esta área foi possível calcular a concentração de glicose por meio da equação do 1º grau na curva de calibração da concentração de glicose, apresentada na Tabela 5.

Tabela 5 - Dados obtidos no HPLC referente às áreas de cada padrão de glicose

CONCENTRAÇÃO GLICOSE (g/L)	AREA OBTIDA POR HPLC
0,312	107668
0,625	207142
1,25	4071277
2,500	870344
5,000	1276462
10,000	2952985
20,000	6023907
30,000	8609259
40,000	11965801
50,000	15188401
60,000	18231763
70,000	20839416

A equação da curva de calibração da concentração de glicose, com o respectivo coeficiente de determinação (R^2), obtido neste trabalho está apresentada a seguir:

$$Y = 3E-06X + 1,4179 \quad R^2 = 0,9993$$

O valor do coeficiente de determinação da regressão (R^2) expressa numericamente o percentual da variação total do sinal analítico (y) explicado pela variação da concentração do analito (x). Esse percentual, como qualquer outro, varia de 0 a 100% e o valor de R^2 , sendo a expressão numérica do mesmo, variará então, de 0 a 1.

O ideal é que toda variação apresentada por y seja explicada pela variação de x. Portanto, quanto mais próximo de 100% for o percentual da variação observada para o sinal analítico explicado pela variação da concentração, o que significa, um valor de R^2 mais próximo de 1, melhor será a qualidade de nossa curva analítica, pois mais precisa será a representação pela equação da reta obtida na regressão, da variação da resposta analítica em função do teor do analito. Neste trabalho observou-se um R^2 de 0,9993, isto é 99,93% do modelo explica os valores observados.

5.4. CONCENTRAÇÃO DE ETANOL – CURVA PADRÃO

Para cada amostra analisada obteve-se um pico e sua correspondente área (mV). Com esta área foi possível calcular a concentração de etanol por meio da equação do 1º grau na curva de calibração da concentração de etanol, representada pela tabela 6.

Tabela 6 - Padrão Etanol

CONCENTRAÇÃO DE ETANOL (g/L)	AREA OBTIDA POR HPLC
2,500	870344
5,000	1276462
10,000	2952985
20,000	6023907
30,000	8609259
40,000	11965801
50,000	15188401
60,000	18231763
70,000	20839416

A equação da curva de calibração da concentração de etanol, com o respectivo coeficiente de determinação (R^2) obtida neste trabalho está apresentada a seguir:

$$y = 2E-05x + 0,4101 \quad R^2 = 0,9986$$

As condições para realização das análises para a determinação da concentração de etanol foram às mesmas utilizadas para a determinação da concentração de glicose.

5.5. CONCENTRAÇÃO DE GLICOSE E PROTEÍNA (%P/P)

A Tabela 7 apresenta o resumo do quadro da análise de variância para Glicose e Proteína. Os parâmetros para glicose foram monitorados no início do processo de hidrólise dos mostos, e os parâmetros de proteína foram analisados após o processo de obtenção do etanol, onde analisou-se o coproduto final.

Tabela 7 - Quadro de Análise de Variância para concentração de glicose g/L e proteína (%)

FV	GL	QM
----	----	----

		GLICOSE(g/L)	PROTEÍNA (%)
VARIEDADE	2	10,1200770 ns	93,51*
ERRO 1	6	108,28	5,65
MEIO	2	914,613959*	182,91*
VAR. X MEIO	4	163,718948 ns	0,51 ns
ERRO 2	18	108,640322	2,89
TOTAL	26		
CV 1 % VARIEDADE		8,48	7,66
CV 2% MEIO		8,5	5,48

ns não significativo

* significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste F

Nestes parâmetros, observa-se para concentração de glicose que não houve diferença estatística ao nível de significância ($p \geq 0,05$) entre as variedades, e interação variedade x meio. Verificou-se diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F no parâmetro meio.

Analisando os parâmetros para proteína houve diferença significativa ao nível de 5% para os níveis de proteína nas variedades e nos meios, onde os resultados foram significativos ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de F. O parâmetro variedade x meio, apresentou resultado em que não foi significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F..

A tabela 8 apresenta as médias de glicose das variedades e meios fermentativos, onde os valores de glicose encontrados nas variedades, quando comparados ao de Moraes (2016) que em seu experimento encontrou a quantidade de 99,70g/L, mostrou superior ao valor observado pela autora, em todas as variedades. Já Spinosa et. al. (2015) em experimento realizado obteve 164 g/L, um valor superior ao presente ao trabalho. Em relação os meios fermentativos os tratamentos com meios de água, e soro 50%, foram iguais, não se diferenciando estatisticamente.

Observa-se na tabela 8, que as médias de glicose encontradas entre as variedades não tiveram diferença estatística entre si, a variedade Serra Dourada obteve menor concentração de 121,85g/L e a variedade Catiana maior concentração de 123,92 g/L. Esse comportamento já era esperado pois as variedades apresentaram porcentagens de amido com valores próximos (Tabela 4).

Tabela 8 - Médias de glicose das variedades e nos meios fermentativos

Variedades		Meios fermentativos	
Tratamentos	Médias	Tratamentos	Médias

Sertaneja	122,49 A	Água	115,96 B
Catiana	123,92 A	Água + Soro	117,96 B
Serra Dourada	121,85 A	Soro	134,33 A

***Letras iguais não se diferenciam entre si estatisticamente.**

O meio 100% de soro mostrou-se diferente, apresentando uma média 134,33 g/L. Essa maior concentração de glicose no meio soro 100% se deve ao fato que disponibilizou uma maior concentração de glicose fermentescível. Durante o processo de hidrólise a enzima β -galactosidase hidrolisa a ligação β (1-4) da molécula da lactose, dando origem a molécula de glicose e de galactose deixando-as disponíveis para o processo de fermentação.

Na Tabela 9 estão apresentadas as médias dos teores de proteína bruta dos co-produtos gerados pelos processos estudados.

Tabela 9 - Média de proteína bruta nas variedades e nos meios fermentativos

Variedades		Meios fermentativos	
Sertaneja	30,50 B	Água	27,11 B
Catiana	28,09 B	Água + Soro	29,74 B
Serra Dourada	34,47 A	Soro	36,21 A

***Letras iguais não se diferenciam entre si estatisticamente.**

Observou-se que, em relação à porcentagem de proteína bruta nos coprodutos, os resultados demonstrados pelas cultivares foram estatisticamente diferentes entre si ($p < 0,05$). As cultivares Catiana e Sertaneja apresentaram porcentagens de matéria seca de 90,2% e 90,4; e de amido apresentaram os valores de 73,1% e 70,36%. Isso indica que provavelmente a maior parte de sua matéria seca é constituída por amido, por isso possui pouca proteína 28,09 e 30,50 conforme tabela 9. Já a variedade Serra Dourada, possuía 92,25% de matéria seca e de 71,97% de amido, e apresentou maior porcentagem de proteína bruta 34,47%. Isto se justifica pelo fato de que, sendo a porcentagem de amido e matéria seca características varietais, a variação porcentual de ambas também interfere diretamente nos percentuais de proteína e de outros açúcares presentes na variedade (FREI, 2003).

Em relação às médias dos meios fermentativos, analisa-se que houve diferença estatística ($p < 0,05$) entre os meios, onde as diferenças nos resultados foram obtidas no incremento protéico advindo do soro de queijo, independentemente de o meio conter 50% ou 100% de soro. Os meios que continham água e 50% de soro apresentaram médias de 27,11% e 29,74%, valor inferior e significativo estatisticamente comparado ao meio com 100% de soro que atingiu 36,21%.

A diferença entre os meios que continham o soro pode ser explicada pela maior concentração de biomassa da levedura no mosto de 100% de soro, ocasionado pela presença da galactose e glicose advinda do processo de hidrólises do amido e da lactose. Essas fontes de carbono levaram a levedura ao diauxismo, o que ocasiona duas fases de crescimento, aumentando a biomassa ao final do processo.

Castro (2009) em análise de proteína bruta (batata-doce) em seu co-produto final no qual foi utilizado meios com água, soro hidrolisado e soro não hidrolisado, obteve médias de 11,03 para sua testemunha com água, 14,57 para soro de queijo hidrolisado e 12,09 para soro de queijo não hidrolisado, valores estes abaixo do encontrado neste trabalho, demonstrando o potencial desse resíduo para sua reutilização e diminuição de impactos ambientais que seriam causados em seu descarte incorreto.

5.6. CONCENTRAÇÃO DE ETANOL

A Tabela 10 representa o quadro de análise de variância para a concentração de etanol, apresenta que, neste experimento, houve diferença estatística ($p < 0,05$) no comportamento dos meios, da interação meio x variedade, em relação às horas e na interação variedade x meio x hora estudadas.

Tabela 10 - Quadro de Análise de Variância para concentração de etanol g/L.

FV	GL	SQ	QM
Variedades	2	143.930.772	71.965.386 ns
Erro 1	6	880.147496/	146.691.249
Meios	2	1.658.193.090	829.096545*
Var x Meios	6	785.771.311	130.961885*
Horas	5	89.730.522.975	17946.104595*
Var. x Meios x Horas	20	703.012.290	35.150615*
Erro 2	120	2.448.953.189	20.407.943
Total	161	96.350.531.123	

CV 1 (%) = 27.56

CV 2 (%) = 10.28

Média Geral = 43.9464198

Nº de observações = 162

ns não significativo

***significativo a 5 % de probabilidade pelo teste F**

Nestes parâmetros observamos em relação às variedades, que os valores de etanol encontrados não apresentaram diferença estatística, não sendo significativo a 5% de

probabilidade pelo teste F. Diferente das variedades o parâmetro que analisou os meios encontrou diferença estatística significativa a 5% de probabilidade do teste F, na produção de etanol. Outro parâmetro analisado separadamente foram as horas, que apresentou-se significativamente diferente a 5% de probabilidade do teste F, na produção de etanol.

A análise da interação dupla entre variedades x meios, e na interação tripla entre variedades x meios x hora na tabela 11, ambos parâmetros apresentaram-se diferente significativamente a 5% de probabilidade pelo teste F, demonstrando que a produção de etanol nestes parâmetros foi significativa.

Na tabela 12 estão os valores médios para a produção de etanol, em gramas por litros, que variaram de 52,70 g/L a 57,91 g/L quando o meio fermentativo usado foi a água; de 71,89 g/L a 72,44 g/L quando o meio fermentativo foi água + soro 1:1; e de 62,50 g/L a 67,34 g/L quando o meio fermentativo utilizado foi 100% de soro.

Tabela 11 - Médias de concentração de etanol g/L.

Variedades	Meio	Tempo					
		<u>0 horas</u>	<u>4 horas</u>	<u>8 horas</u>	<u>12 horas</u>	<u>24 horas</u>	<u>26 horas</u>
Sertaneja	Água	0,00 3Aa	24,16 3Aa	46,12 2Ba	57,63 1Ab	58,25 1Ba	57,91 1Ba
	50% água + 50% soro	0,00 4Aa	27,18 3Aa	54,06 2ABa	64,13 12Aa	71,71 1Aa	71,89 1Aa
	Soro	0,00 3Aa	24,93 2Aa	55,20 1Aa	65,70 1Aa	65,16 1ABa	62,50 1Ba
Catiana	Água	0,00 3Aa	22,29 2Aa	47,44 1Aa	50,80 1Bb	57,11 1Ba	52,22 1Ba
	50% água + 50% soro	0,00 4Aa	27,34 3Aa	53,16 3Aa	64,58 1Aa	56,38 12Bb	56,84 12Ab
	Soro	0,00	26,09	52,58	65,44	67,77	67,34

		4Aa	3Aa	2Aa	1Aa	1Aa	1Aa
Serra Dourada	Água	0,00	24,21	42,77	60,06	56,26	52,70
		4Aa	3Aa	2Ba	1Aa	1Aa	12Aa
	50% água + 50% soro	0,00	27,40	54,76	66,68	69,81	72,44
		4Aa	3Aa	2Aa	1Aa	1Aa	1Aa
	Soro	0,00	28,19	53,12	62,22	63,26	65,20
		4Aa	3Aa	3Aa	12Aa	12ABa	1Aa

***Letras minúsculas:** Interação Meio x hora - **Letras Maiúsculas:** Interação Variedade x hora - **Números:** Interação Variedade x Meio

Analisando a interação meio x hora observando o comportamento de cada meio em relação a hora, verifica-se que as interações dos meios com as horas analisadas foram iguais em todas as variedades em 0, 4 e 8 horas de fermentação. Nas amostras coletadas as 12, 24 e 26 horas de fermentação houve diferença estatística. Às 12 horas, os meios compostos por água nas variedades Sertaneja e Catiana, apresentaram a quantidade de 57,63 g/L e 50,80 g/L, o que as diferenciaram dos outros horários em relação ao meio. Já as 24 horas foi o soro 50% na variedade Catiana que apresentou menor concentração apresentando uma quantia de 56,38 g/L. As 26 horas, a interação mostrou novamente que o meio soro 50% na variedade Catiana foi o meio que foi considerado diferente estatisticamente.

Em relação a interação Variedade x Hora, notou-se que na variedade Sertaneja, as 0 e 4 horas, não houve diferença estatística. As 8 horas, o meio com água apresentou diferença dos outros meios. Já o meio soro 50% foi igual estatisticamente ao meio que continha água e ao meio soro 100%. Às 24 horas o meio soro 50% foi superior aos outros tendo o soro 100% de igual estatística ao meio com água. Às 26 horas houve o mesmo prognóstico que da hora anterior, mantendo-se o soro 50% com a melhor performance, e o soro 100% e água iguais estatisticamente.

A variedade Catiana manteve-se igual estatisticamente até às 8 horas, tendo alteração a partir das 12 horas, onde o meio com água ficou com a média abaixo do soro 50% e soro 100%. Às 24 horas, seu melhor resultado foi com o soro 100%, ficando os outros meios iguais estatisticamente. Às 26 horas o mesmo se repetiu, tendo o soro 100% produzido a média de 67,34 g/L, sendo superior aos outros dois meios, que apresentaram as médias de 52,22 g/L meio com água e 56,84 g/L para soro 50%.

Já para variedade Serra Dourada, mostrou-se que às horas 0 e 4 não houve diferença estatística. A partir das 8 horas, até às 26 horas, apenas o meio com água às 8 horas e às 26 horas, mostraram diferenças em suas médias. Para o soro 100%, verificou-se que sua média é igual às outras estatisticamente.

Na interação variedade x meio, vê-se que todas as variedades apresentaram diferenças significativas em relação aos 3 primeiros tempos (0, 4 e 8 horas), e que a partir da 12ª hora todas foram iguais estaticamente, até a 26ª. As Variedades Sertaneja e Serra Dourada apresentaram às 12 horas no soro 50%, e no soro 100%, igualdade estatística em relação a 8 horas, e também às 24 e 26 horas. Essa mesma igualdade ocorreu nos tempos de 24 e 26 horas, sendo na variedade Catiana às 24 horas no meio com soro 50% e na serra Dourada com soro 100%. Já nas 26 horas ocorreu com a variedade Catiana com soro 50% e na variedade Serra Dourada com meio composto de água.

Neste trabalho, ficou mostrado que a melhor média obtida foi a da variedade Serra Dourada, no meio 50% de soro, com tempo de 26 horas, valor superior ao encontrado por Lorenzo (2017), que demonstrou que os subprodutos da moagem de arroz podem ser eficientemente convertidos em etanol como uma única matéria-prima e como uma mistura, onde, no final, o autor obteve 51 g/L de etanol.

Ressalta-se que todas as cultivares tiveram incrementos na produção de etanol quando o meio fermentativo usado foi o soro de queijo. Isto é justificado pelo fato de que como a lactose presente no soro de leite foi previamente hidrolisada, permitindo-se a incorporação do açúcar fermentescível, glicose, este atuou como substrato agregado ao processo de fermentação alcoólica.

5.7. REGRESSÃO APLICADA AO TEMPO

No que se refere ao comportamento da concentração de etanol, em função do tempo para todos os tratamentos, verificou-se que houve diferença entre os tratamentos em que foi utilizada a água como meio fermentativo em relação aos meios em que foi utilizado e 50% de soro e 100%. Nos gráficos 3, 4 e 5 estão representados hora x água, hora x soro 50% e hora x soro 100% relacionados à variedade Sertaneja. Nos gráficos 6,7 e 8 estão representados hora x água, hora x soro 50% e hora x soro 100% relacionados à variedade Catiana e nos gráficos 9, 10 e 11 estão representados hora x água, hora x soro 50% e hora x soro 100% relacionados a variedade Serra Dourada.

5.7.1. REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA VARIEDADE SERTANEJA

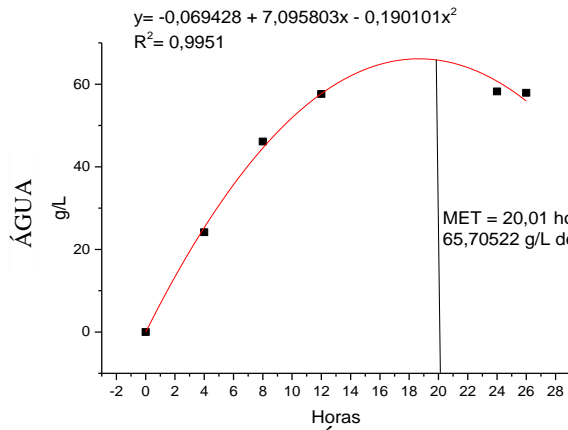


Gráfico 3- Hora x Água

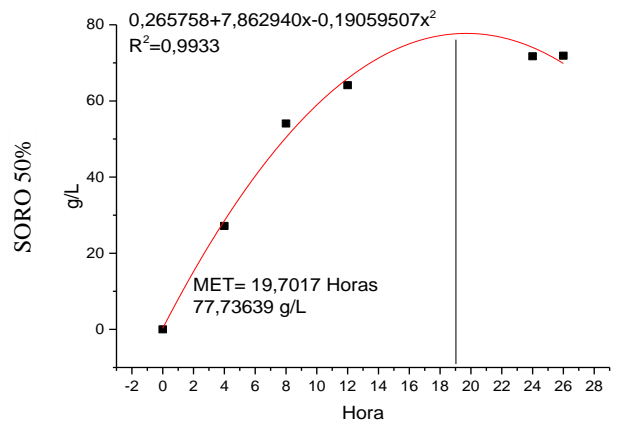


Gráfico 4- Hora x Soro 50%

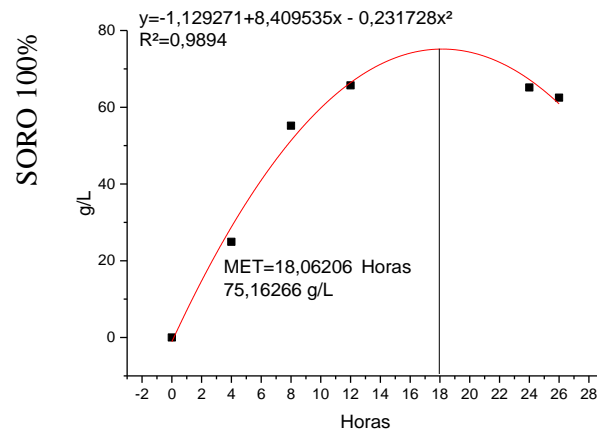


Gráfico 2 - Hora x Soro 100%

5.7.2. REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA VARIEDADE CATIANA

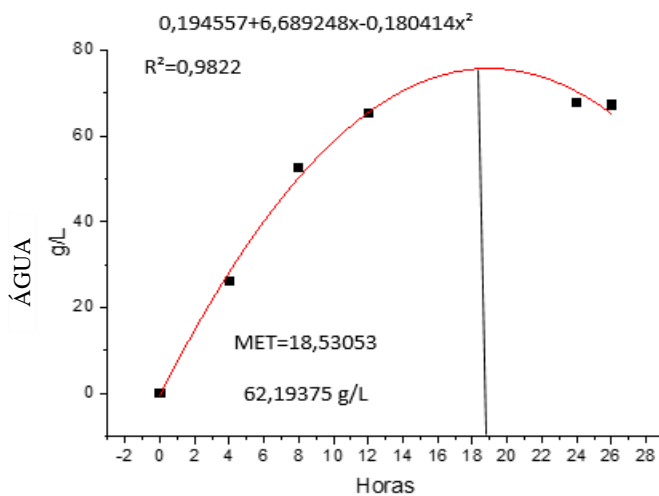


Gráfico 4 - Hora x Água

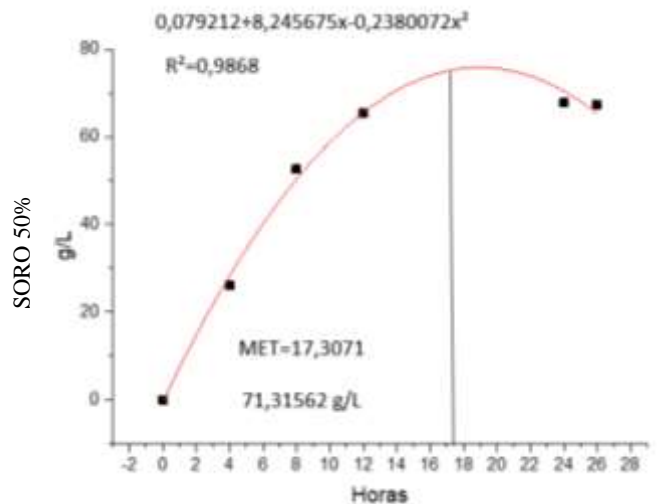


Gráfico 3 - Hora x Soro 50%

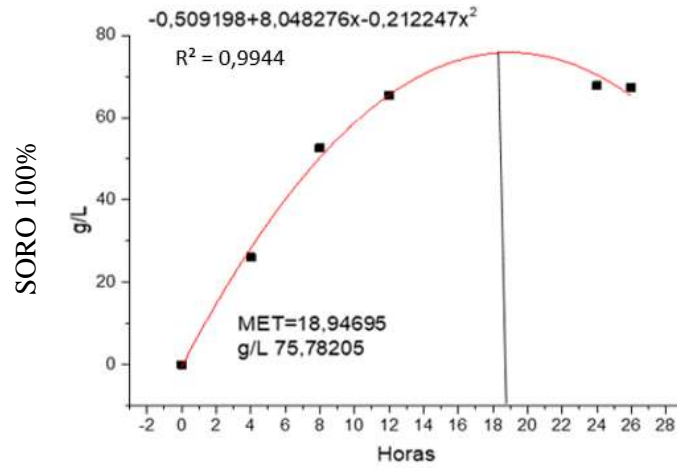


Gráfico 5 - Hora x Soro 100%

5.7.3. REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA VARIEDADE SERRA DOURADA

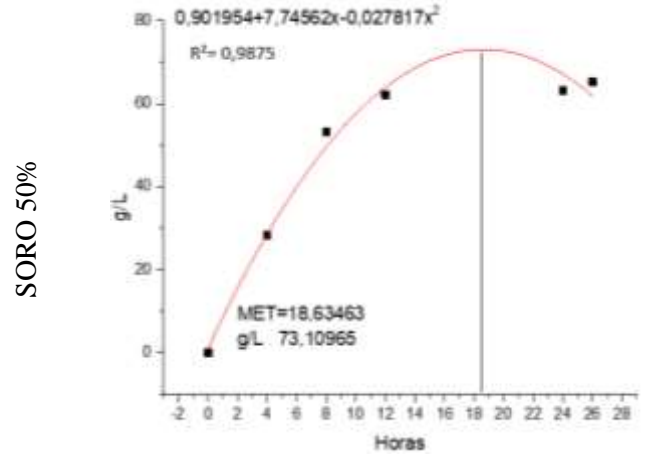
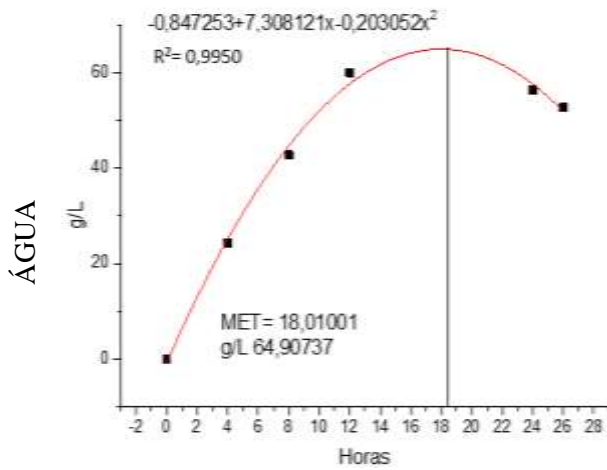


Gráfico 7 - Hora x Soro 50%

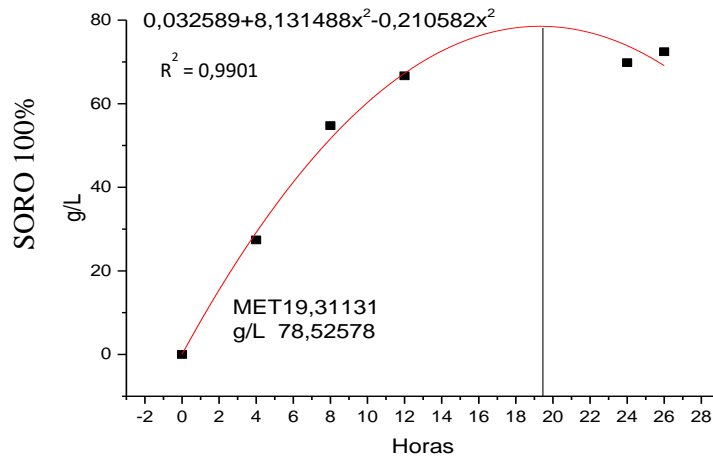


Gráfico 8- Hora x Soro 100%

Para a regressão aplicada verificou-se que a produção de etanol em que todos os meios que foram executados com água estiveram abaixo dos com soro 50% e com soro 100%. O meio com água obteve seu maior pico de média com a variedade Sertaneja às 20 horas do processo fermentativo, produzindo 65,70 g/L de etanol.

Já em relação aos meios 50% e 100% observou-se que suas médias foram superiores a água ultrapassando a média de 70 g/L. O soro 100 % mostrou-se superior ao meio soro 50% apenas na variedade Catiana onde o mesmo atingiu a ponto máximo de 75,78 g/L, às 18 horas do processo fermentativo. Porém, nas variedades Sertaneja e Serra Dourada o meio soro 50% gerou médias próximas. Na variedade Sertaneja atingiu-se seu ponto máximo às 19 horas com a quantidade de 77,73 g/L de etanol. Na variedade Serra Dourada foi, verificou-se maior produção de etanol, atingindo-se 78,52 g/L, exatamente às 19 horas do processo fermentativo.

Em relação à variedade Sertaneja, a maior concentração foi alcançada com meio 50% soro, onde houve um aumento de 18,4% em relação ao meio que continha água. Já para a variedade Catiana o meio 100% soro gerou a maior concentração em g/L de etanol, quando acrescentou-se 21,8% na produção de etanol. Na variedade Serra Dourada, houve um acréscimo de 21% em sua produção.

Esses valores poderiam ser maiores, ressaltando que durante o processo de hidrólise do soro, não houve a conversão da galactose em glicose pela enzima utilizada, o que poderia aumentar a produção de etanol. A fermentação em baixas temperaturas indica, como efeito inicial, o prolongamento da fase Lag, e também a formação de alguns outros metabólitos como o glicerol, e a assimilação e metabolismo de nitrogênio se modificam nestas condições. (BRAGA, 2006)

6. CONCLUSÃO

Conclui-se que a adição de soro de leite em substituição à água se mostrou eficiente no processo de biofermentação etanólica da quirera do arroz, aumentando, em média, 20% na produção de etanol.

O uso do soro de queijo hidrolisado mostrou-se promissor tanto no processo de produção de etanol da quirera de arroz quanto na quantidade de proteína bruta incrementada ao co-produto, apontando como um potencial alternativo para indústria de etanol nos aspectos econômico, social e ambiental.

Os valores encontrados para produção de etanol, no processo fermentativo aplicado às 3 variedades de arroz, quando acrescentados 50% de soro e, ao meio 100% soro não se diferenciaram estatisticamente entre si, validando que ambos os meios são alternativos para laticínios e empresas que buscam mais uma alternativa para emprego do soro de queijo.

A variedade Serra Dourada apresentou a melhor rendimento em etanol dentre as variedades estudadas apresentando uma produção máximo de 78,52 g/L, em 19 horas de fermentação, utilizando-se 50% de soro na composição do mosto.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

AJIBOLA, F. O., EDEMA, M. O. & OYEWOLE, O. B. Enzymatic Production of Ethanol from Cassava Starch Using Two Strains of *Saccharomyces cerevisiae*. *Nigerian Food Journal*, v. 30, n. 2, p. 114-121, 2012.

ALMEIDA, N. K.; **Hidrólise enzimática da lactose de permeado de soro**. 2015. 68 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) Universidade Federal do Tocantins, Palmas 2015.

ANDRADE, G.V.N. Projeto de Estrutura de Controle para uma Planta de Produção de Etanol. Dissertação de mestrado do curso de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro. RJ, p. 4-5, 2008

AQUARONE, E.; LIMA, U. A.; BORZANI, W.; SCHIMIDELL, W. **Biotecnologia Industrial: Processos Fermentativos e Enzimáticos**. Vol. 03. Editora Edgar Blücher Ltda. São Paulo – SP, Brasil, 2001. 595 p.

BACH, F. Obtenção de Fermento Acético a partir de Soro de Leite. Trabalho de Conclusão de Curso. Pinhalzinho. Santa Catarina, 2011.

BALD, J. A. et al. **Características físico-químicas de soros de queijo e ricota produzidos no Vale do Taquari, RS**. *Revista Jovens Pesquisadores*, Santa Cruz do Sul, v. 4, n. 1, p. 90-99, 2014.

Baldasso C, Barros TC, Tessaro IC. Concentration and purification of whey proteins by ultrafiltration. *Desalination*. 2011;278:381–386.

BARBOSA, A.S., Florentino, E. R., Florencio, I. M; Araujo, A. S. Utilização do soro como substrato para a produção de aguardente: Estudo Cinético de Produção de Etanol. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável Grupo Verde de Agricultura Alternativa*. ISSN 1981 -8203. Mossoró – Rio Grande do Norte, n 1, p 07-25, 2010.

BARCELOS, C. A.; **Aproveitamento das frações sacarínea, amilácea e lignocelulósica do sorgo sacarino [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] para a produção de bioetanol**. 2012. Tese (Doutorado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, Rio de Janeiro, 2012.

Behr, A.; Eilting, J.; Irawadi, K.; Leschinski, J.; Lindner, F. *Green Chem.* 2008, 10, 13.

BENSKOW, P. R. **O arroz na história: a formação da economia arrozeira do Rio Grande do Sul.** IRGA - Consumo de Arroz. Disponível em: <<http://200.96.107.174/coma-arroz/páginas/ahistoria.php>>. Acesso em: 06 nov. 2016

BENVENGA, M. A. C. **Comparação de técnicas metaheurísticas de otimização no processo de hidrólise do amido de mandioca para obtenção de álcool.** 2012. 87 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Nove de Julho - UNINOVE, São Paulo, 2012

BIOMASSA COMO ENERGIA RENOVÁVEL NO BRASIL

BON, ELBA P. S ; FERRARA, MARIA A ; CORVO, M, L.; Enzimas em biotecnologia: produção, aplicação e mercado. Rio de Janeiro. Interciência: UFRJ: CAPES: FAPERJ:FCT (Portugal). 2008

BRAGA, V. S. **A influência da temperatura na condução de dois processos fermentativos para produção de cachaça.** 2006. 90f. Dissertação (Mestrado em Ciências)-Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006

CARDOSO, G. S. P. **Avaliação físico-química e microbiológica do leite cru refrigerado e soros dos queijos minas frescal e mussarela estocados sob diferentes temperaturas.** 2014. 125 f. Tese (Doutorado em Ciência Animal) - Escola de Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2014.

CARVALHO, M. K.; **Avaliação da eficiência do soro de leite na potencialização da produção convencional de etanol a partir de três cultivares industriais de mandioca (Manihot sculenta).** 2011. 67 f. Dissertação (Mestrado em Agroenergia) Universidade Federal do Tocantins, Palmas, 2011.

CASTRO, E. M.; VIEIRA, N. R. A.; RABELO, R.R.; SILVA, S. A. **Qualidade de grãos em arroz.** Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. 30p.

CASTRO, P. M. I.; **Uso do soro de queijo na potencialização da produção convencional de etanol a partir de duas cultivares industriais de batata-doce. (Ipomoea batatas (L.) Lam).** 2009. 72 f. Dissertação (Mestrado em Agroenergia) Universidade Federal do Tocantins, Palmas, 2009.

CEREDA, M. P. **Propriedades gerais do amido.** São Paulo. Fundação Cargill, v. 1. 2001 (Série Culturas de Tuberosas Amiláceas Latino Americana.

CEREDA, M. P.; DAIUTO, E. R.; VILPOUX, O. **Metodologia de determinação de amido por digestão ácida em microondas**. Revista ABAM, ano II, n. 8, 2004, 29 p. Disponível em: <<http://www.abam.com.br/revista/revista8/metodologia.php>>. Acesso em: 20 mai. 2017

CINELLI, B. A. **Produção de etanol a partir da fermentação simultânea à hidrólise do amido granular de resíduo agroindustrial**. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ/ COPPE/, Rio de Janeiro, 2012.

CONAB. **Companhia Nacional de Abastecimento**. Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos 2014/2015 – Décimo Primeiro Levantamento - Agosto/2015. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 16 agos. 2016

CONAB. **Companhia Nacional de Abastecimento**. Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos 2016/2017 – Oitavo Levantamento - Maio/2017. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 10 mai. 2017

CONAB. **Companhia Nacional de Abastecimento**. Acompanhamento da Safra Brasileira Cana-de-açúcar 2017 – Primeiro Levantamento - Abril/2017. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 02 mai. 2017.

CONBA 2017- PESPERSPECTIVAS PARA AGROPECUARIA – 2017-2018 DISPONINEVEL EM file:///C:/Users/User/Downloads/Perspectivas_para_a_Agropecuaria_-_V.5_-_Safra_2017-2018.pdf . ACESSO EM 24/04/2018.

DERYCKE, V.; VERAVERBEKE, W. S.; VANDEPUTTE, G. E.; DE MAN, W.; HOSENEY, R. C.; DELCOUR, J. A. Impact of proteins on pasting and cooking properties of nonparboiled and parboiled rice. *Cereal Chemistry*, v. 82, p. 468-474, 2005.

DINIZ, R.H.S. Metabolismo de Lactose em *Kluyveromyces marxianus* UFV-3 e *kluyveromyces lactis* JA6. Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2009.

DOMINGUES, L. M. A.R. Estirpe floculante de *Saccharomyces cerevisiae* geneticamente modificadas para a utilização da lactose: Construção e aplicação biotecnológica. (Tese de Doutorado). Universidade do Minho, Escola de Engenharia, 2001.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Catalogo de Cultivares de arroz**. Santo Antonio de Goiás. Embrapa 2015. Disponível em: www.cnpaf.embrapa.br/transferencia/.../cultivares/catalogoArroz-17Dez2013.pdf . Acesso em 10 mai, 2017

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Cultivo do arroz irrigado no Brasil: importância econômica, agrícola e alimentar do arroz**. Pelotas: Embrapa, 2005. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Arroz/ArrozIrigadoBrasil/cap01.htm>>. Acesso em: 5 jun. 2016.

FAO - Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2008
 FERRARI, R. A.; OLIVEIRA, V. S.; SCABIO, A. **Biodiesel from soybean: characterization and consumption in an energy generator**. Química Nova, São Paulo, v. 28, n. 1, p. 19 – 23, 2005

FERREIRA, S. M. **Modificação enzimática da farinha de grãos quebrados de arroz para produção de alimento sem glúten**. 2012. 169 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2012

FRANCO, C. M. L.; WONG, K. S.; YOO, S.; JANE, J. **Structural and Functional Characteristics of Selected Soft Wheat Starches**. Cereal Chemistry, Sant Paul, MN, v. 79, n. 2, p. 243-248, 2002.

FREI, M. et al. Studies on in vitro starch digestibility and the glycemic index of six different indigenous rice cultivars from the Philippines. **Food Chemistry**, v.83, p.395-402, 2003.

FUKAHARA, H. Kluyveromyces latis - a retrospective. FEMS Years Res 6, p.233-324, 2006.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. FEAM. Iniciação ao desenvolvimento sustentável. Belo Horizonte: FEAM, 2003. p. 349.

GARBATO, S. Otimização da bioconversão da lactose do soro de queijo em etanol em sistema de biorreatores imobilizados. Dissertação de Mestrado em ciência e tecnologia de alimentos. UFRGS, Porto Alegre, 2011.

GAYEN, D.; PAUL, S.; SARKAR, S. N.; DATTA, S. K.; DATTA, K. Comparative nutritional compositions and proteomics analysis of transgenic Xa21 rice seeds compared to conventional rice. Food Chemistry, v. 203, p.301–307, 2016.

GUIMARÃES, P. M. R; TEIXERA, J.A; DOMINGUES, L. Fermentation of lactose to bioethanol by yeasts as part of integrated solutions for the valorization of cheese whey. Biotechnology Advances, v. 28, p. 375 – 384, 2010.

GUIMARÃES, P. M. R.; TEIXERA, J.A; DOMINGUES, L. Fermentation of lactose to bioethanol by yeasts as part of integrated solutions for the valorization of cheese whey. *Biotechnology Advances*, v. 28, p. 375 – 384, 2010.

HOLSINGER, V. H.; POSATI, L. P. & DE VILDISS, E.D. (1974), “**Whey beverages**”: a review. *J. Dairy Sci.* v. 57, p. 849-859.

JERÔNIMO, C.E.M., COELHO, M.S., MOURA, F.N., ARAUJO, A. B. A., Qualidade Ambiental e Sanitária das Indústrias de Laticínios do Município de Mossoró-RN, *Rev. Elet. em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, v(7), nº 7, p. 1349-1356. 2012

JONG, E. V. de (Coord). **Alimentos, métodos físicos e químicos de análise**. Ed. Universidade, 180 p. UFRGS, 2002.

JULIANO, B. O.; BECHTEL, D. B. **The rice grain and its gross composition**. Rice: chemistry and technology. Minnesota, USA: American Association of Cereal Chemists, cap.2, p.17-57. 1985.

KOSIKOWSKI, F.V. “**Whey utilization and whey products**”. *J. Dairy Sci.*, 62(7): 1149-1160. 1979

LAJOLO, F. M.; MENEZES, E. W. **Carboidratos en alimentos regionales Iberoamericanos**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2006. 648 Lei 9.978/97 acesso em 11/05/2017 disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9478.htm

LIMA, U. A.; AQUARONE, E.; BORZANI, W.; SCHIMIDELL, W. **Biotecnologia Industrial: Processos Fermentativos e Enzimáticos**. Vol. 03. Editora Edgard Blücher Ltda. São Paulo – SP, Brasil, 2001.

LIMA,G,J,M,M., MARTINS,R,R. ZANOTTO, D, L., BRUM, P,A,R. **Composição química e valores de energia de subprodutos do beneficiamento de arroz**. Comunicado técnico EMBRAPA – 2000. Disponível em : http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc_publicacoes/cot244.pdf. Acesso em: 20 agosto de 2018.

LOPES, C. H.; GABRIEL, A.V.M.; BORGES, M.T.M.R. **Produção de etanol a partir da cana-de-açúcar. Tecnologia de produção de etanol**. Disponível em : http://sistemas7.sead.ufscar.br:8080/jspui/bitstream/123456789/2669/1/TS_Claudio_ProducaoEtanol.pdf. Acesso em : 20/03/18.

LOPES, R. V. V.; ROCHA, A. S.; SILVA, F. L. H.; GOUVEIA, J. P. G. **Aplicação do planejamento factorial para otimização do estudo da produção de fermentado da palma forrageira**. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, v. 7, n. 1, p. 25-32, 2005.

LOPEZ-LEIVA, M. H. & GUZMAN, M. (1985), “**Formation of oligosaccharides during enzymic hydrolysis of milk whey permeates**”. Process Biochem., 30, 757– 62

LU, Z.H., LI, L.T.; CAO, W.; LI, Z.G.; TATSUMI, E. Influence of natural fermentation on physico-chemical characteristics of rice noodles. Int. j. food sci. technol., Oxford, v. 38, p. 505-510, 2003.

MAAREL, M. J. E. C.; VEEN, B.; UITDEHAAG, J. C. M.; LEEMHUIS, H.; DIJKHUIZEN, L. Properties and applications of starch-converting enzymes of the α -amylase family. **Journal of Biotechnology**, v. 94, n. 2, p. 137-155, 2002.

MACHADO, C. M. M.; ABREU, F. R. **Produção de álcool combustível a partir de carboidratos**. Revista de Política Agrícola, Brasília: MAPA/SPA, v. 15, n. 3, p. 64-82, jul./set. 2006. Disponível em: <http://www.embrapa.br/publicacoes/tecnico/revistaAgricola/pol_agr_03-2006.pdf>. Acesso em: 22 jul. 2016

Maganha, Martha Faria Bérnils Guia técnico ambiental da indústria de produtos lácteos/ 2006

MARWAHA, S. S.; KENNEDY, J. F. Review: **whey pollution problem and potential utilization**. International Journal of Food Science and Technology, Oxford, v. 23, n. 4, p. 323-336, 1988

MAWSON, A.J. Bioconvesations for whey utilization and wast abatement. Bioresouce Technology, v. 47, p.195 -203, 1994

MINAS AMBIENTE / CETEC. “**Pesquisa tecnológica para controle ambiental em pequenos e médios laticínios de Minas Gerais**”. Belo Horizonte: Minas Ambiente / Cetec, v.2. 1998

MOHD AZHAR, S. H., ABDULLA, R., JAMBO, S. A., MARBAWI, H., GANSAU, J. A., MOHD FAIK, A. A. & RODRIGUES, K. F. Yeasts in sustainable bioethanol production: A review. Biochemistry and Biophysics Reports, v. 10, p. 52-61, 2017

MORAES, B. D. **Produção de etanol a partir da fração amiláceas de *Oryza sativa* por hidrólise enzimática.** 2016. 66 f. Dissertação (Mestrado em Agroenergia) Universidade Federal do Tocantins, Palmas, 2016.

MOREIRA, J. R.; GOLDEMBERG, J. **The alcohol program.** *Energy Policy*, n. 27, p. 229-245. 1999

MURARI, C. S. et al. Emprego do soro de leite bovino e bubalino para produção de biomassa pela levedura *Kluyveromyces marxianus*. 229. **Revista Analytica**, São Paulo, v.9, n. 51, p.48-64, 2011.

OLGA MARIA SILVERIO AMANCIO - A IMPORTÂNCIA DO CONSUMO DE LEITE NO ATUAL CENÁRIO NUTRICIONAL BRASILEIRO – disponível em :
http://sban.cloudpainel.com.br/source/SBAN_Importancia-do-consumo-de-leite.pdf Acesso 24/04/2018

OZMIHICI, S.; KARGI, F. **Continuous ethanol fermentation of cheese whey powder solution: effects of hydraulic residence time.** *Bioprocess and Biosystems Engineering*, New York, v. 30, n. 2, p. 79–86, 2007

PAES, M. C. D. & Aspectos Físicos, Químicos e Tecnológicos do Grão de Milho. . Sete Lagos, MG, p. Circular Técnica 75, 2006. Disponível em: <
https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/fisquitectnolmilho_000fgb2k97i02wx5eo0bp3uwf11aa0n7.pdf >. Acesso em: 05 de Maio de 2017

Pagliari, M.; Rossi, M.; *Future of Glycerol: New Usages for a Versatile Raw Material*, 1a. ed., Royal Society of Chemistry: London, 2008.

PAOLUCCI, A. A .P. **Formulação de um meio de cultura a base de soro de queijo para produção de *Lactococcus lactis* sp *Lactis*.** Dissertação de Mestrado, UFV, Viçosa, MG, 1991

PEREIRA, J. A. *Cultura do arroz no Brasil: subsídios para a sua história.* Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2002. 226

PIACENTE, E. A. **Perspectivas do Brasil no mercado internacional de etanol.** Dissertação de mestrado. UNICAMP. Campinas, 2006

PIETRZAK, W. & KAWA-RYGIELSKA, J. Ethanol fermentation of waste bread using granular starch hydrolyzing enzyme: Effect of raw material pretreatment. *Fuel*, v. 134, p. 250-256, 2014.

PINTO, F. A. **Metodologia da espectroscopia no infravermelho para análise dos soros provenientes da fabricação de queijos Minas padrão e prato**. 45 f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizontes, 2010.

PONSANO, E. H. G.; PINTO, M. F. E CASTRO GOMES, R. J. H. (1992), “**Soro de leite – Obtenção, características e aproveitamento: revisão**”. Seminário Cia. Agr., Londrina, v. 13, n.1, p, 92 – 96.

POPPI, F. A.; COSTA, M. R.; RENSIS, C. M. B.; SILVEIRA, K. Soro de leite e suas proteínas: Composição e atividade funcional. 2010

Favaro Lorenzo, Cagnin Lorenzo, Basaglia Marina, Pizzocchero Valentino, van Zyl Willem Heber, Casella Sergio Rachel de Moura Nunes Emerson Adriano Guarda Juan Carlos Valdés Serra Álvaro Alves Martins **Resíduos agroindustriais: potencial de produção do etanol de segunda geração no Brasil**. REVILLION, J. P. et al. Production of Yeast Extract from whey using *Kluyveromyces marxianus*. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 46, n. 1, p. 121-127, 2003.

ROCHA, L. P. **Biocombustíveis: Uma alternativa eficaz e menos agressiva ao meio ambiente**. Disponível em : essentiaeditora.iff.edu.br/index.php/BolsistaDeValor/article/viewFile/2397/1286. Acesso em 10 fev. 2017

ROCHA, T. S.; DEMIATE, I. M.; FRANCO, C. M. L. **Características estruturais e físicoquímicas de amidos de mandioca-salsa**. (*Arracacia xanthorrhiza*). Ciência e Tecnologia de Alimentos. v. 28, n.3, p. 620-628, 2008.

ROSTAGNO, H. S. **Composição de alimentos e exigências nutricionais de aves e suínos**. Tabelas Brasileiras. 2 ed.; Viçosa: UFV, 2005. 186p.

Rostagno, H. S.; Albino, L. F. T.; Donzele, J. L.; Gomes, P. C.; Oliveira, R. F.; Lopes, D. C.; Ferreira, A. S.; Barreto, S. L. T.; Euclides, R. F. 2011. Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais 3:31-39.

Saleh, M. & Meullenet, J. F. 2013. Broken rice kernels and the kinetics of rice hydration and texture during cooking. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 93:1673- 1679

SANTANA, N. B. **Eficiência da hidrólise de amido de mandioca por diferentes fontes de enzimas e rendimento da fermentação alcoólica para produção de etanol**. 2007. 115f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

SANTIAGO, P. A.; MARQUES, L. D. S.; CARDOSO, V. L.; RIBEIRO, E. J. Estudo da produção de β -galactosidase por fermentação de soro de queijo com *Kluyveromyces marxianus*. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, v.24, n.4, p. 567-572, 2004

SCHWAN, R. F.; CASTRO, H. A. Fermentação. In: CARDOSO, M. G. (Ed.). **Produção de aguardente de cana de açúcar**. Lavras: UFLA, 2001. p. 113-128.

SESSIN, L. E. Programa de produção mais limpa em uma indústria de médio porte de laticínios. 2013. <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/126180> acesso 24/04/18

SILVEIRA, M. A. Batata-Doce: **uma nova alternativa para a produção de etanol**. p.110 - 121. In: Instituto Euvaldo Lodi. Núcleo Central Álcool combustível / IEL.Núcleo Central. – Brasília : IEL/NC, 2008. 163 p. (Série Indústria em Perspectiva)

SILVEIRA, R. F. **Produção de etanol por leveduras em biorreatores com células livres e imobilizadas utilizando soro de queijo**. 2006. 131f. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre 2006. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola e do Ambiente) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

SISO, M.I.G. The biotechnological utilization of cheese whey: a review. *Biores Technol.*, v. 57, p. 1-11, 1996 Spalatelu C. Biotechnological valorization of whey. *Innovative Romanian Food Biotechnology*. 2012;10:1–8.

WAKSTRA, P.; JENNESS, R. **Química e Física Lactologia**. Editora Acribia, S.A., Zaragoza. 1984.

WALTER, M.; MARQUEZAN, E.; AVILA, L. A. **Arroz: composição e características nutricionais**. *Revista Ciência Rural*, n.4, v.38, p.1184-1192, jul, 2008.

WIDODO, Y., WAHYUNINGSIH, S. & UEDA, A. Sweet Potato Production for Bio-ethanol and Food Related Industry in Indonesia: Challenges for Sustainability. *Procedia Chemistry*, v. 14, p. 493-500, 2015.

WYMAN, C. E. What is (and is not) vital to advancing cellulosic ethanol. **Trends Biotechnology**, v. 25, p. 153-157, 2007.

ZADOW, J.G. Utilization of Milk Components: Whey. *Advances in Milk Processing*. V.1. 1986

ZHOU, Z. et al. **Composition and functional properties of rice. International Journal of Food Science and Technology**, v.37, p.849-868, 2002.

ANEXOS

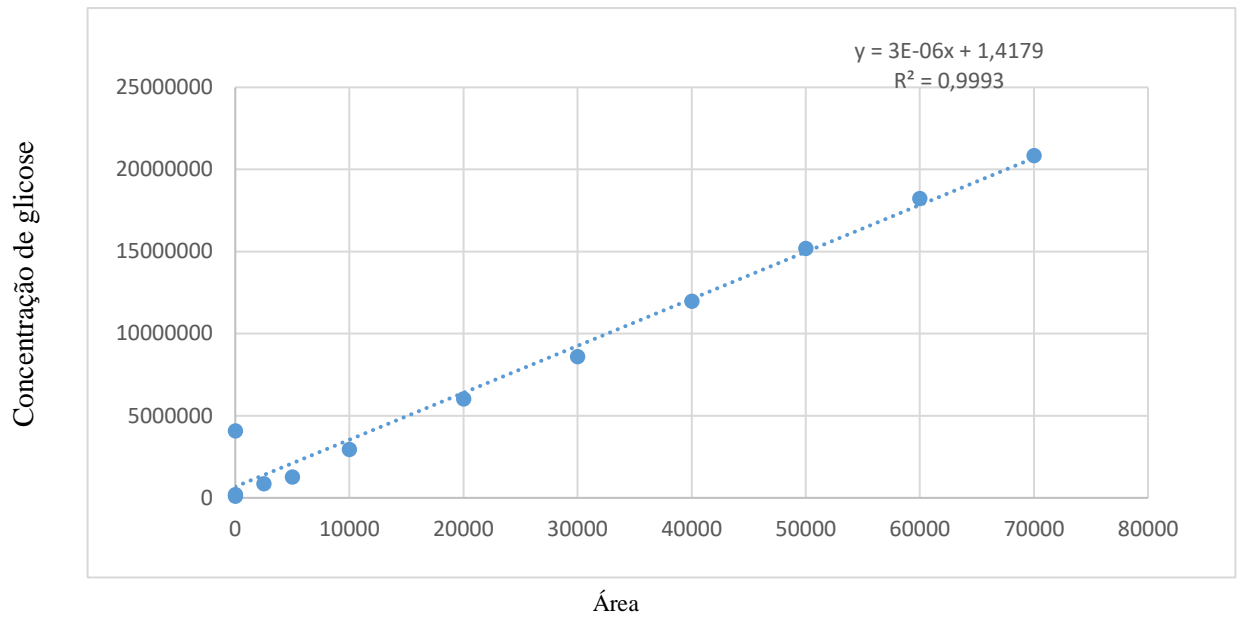


Gráfico 10. Gráfico da curva de calibração da concentração de glicose

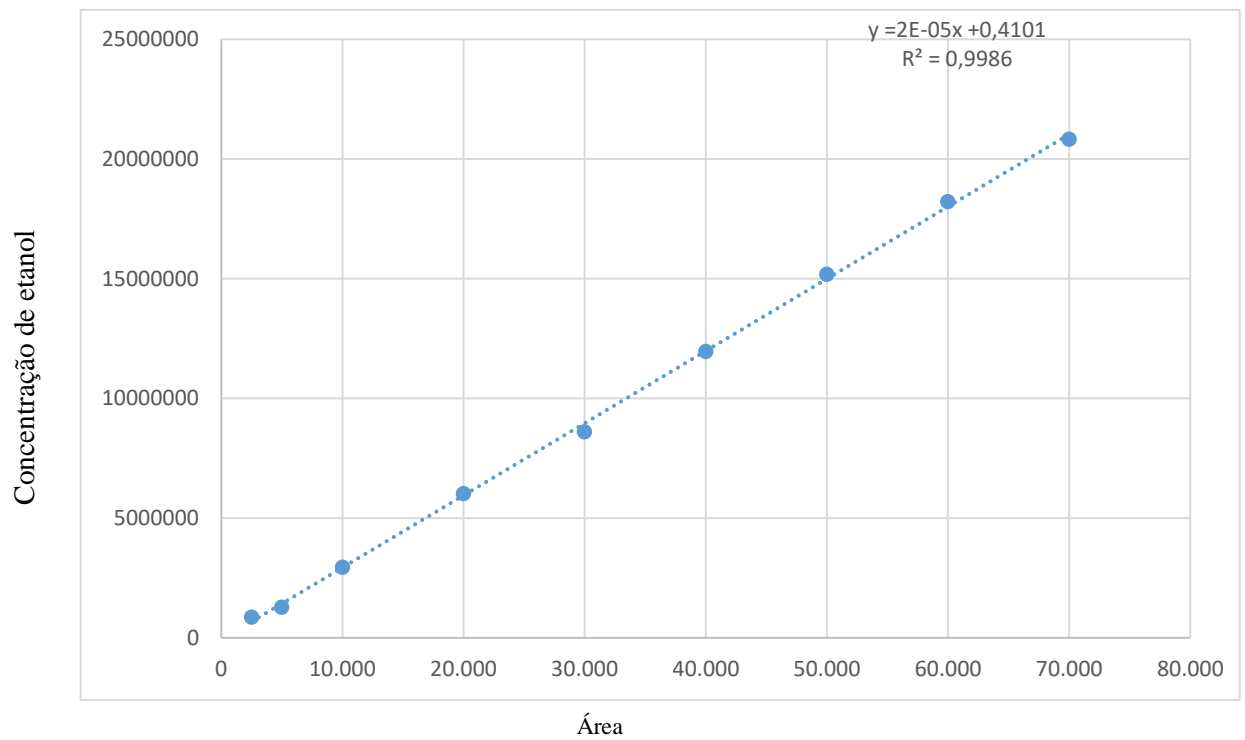


Gráfico 11. Gráfico da curva de calibração da concentração de etanol