

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA-CAMPUS ARARANGUÁ

ROBSON ZUQUINAL

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA
DE ENERGIA**

ARARANGUÁ

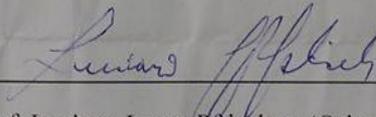
2016

ROBSON ZUQUINAL

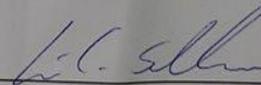
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA DE ENERGIA

Trabalho de conclusão de curso na modalidade de artigo científico para a aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso do curso de Engenharia de Energia da Universidade Federal de Santa Catarina – Campus Araranguá

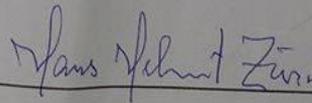
Aprovado em: 08/07/16



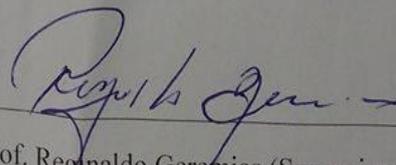
Prof. Luciano Lopes Pfischer (Orientador)



Prof. César Cataldo Scharlau (Examinador)



Prof. Hans Helmut Zürn (Examinador)



Prof. Reginaldo Geremias (Supervisor)

UTILIZAÇÃO DA CASCA DE ARROZ NA PRODUÇÃO DE ENERGIA PARA UMA INDÚSTRIA DE BENEFICIAMENTO DE ARROZ SUL CATARINENSE

Robson Zuquinal*

RESUMO

A utilização da biomassa como matéria prima para a produção de energia tem sido uma alternativa bastante discutida no atual cenário energético brasileiro. Alguns impasses foram criados a respeito da disponibilidade, logística e seu rendimento para tal processo. Hoje surgem propostas que visam sanar tais impasses e em conjunto propor alternativas economicamente viáveis para empresas dispostas na aplicação da geração de energia com o uso da biomassa. A casca de arroz é um dos subprodutos com maior geração no sul catarinense devido a cultura local de produção do grão. O rejeito tem forte potencial na geração de energia elétrica por apresentar um alto poder calorífico, além de poder se encontrar um destino mais sustentável para tal subproduto. Esse trabalho apresenta um estudo para aproveitamento da casca de arroz na produção de energia elétrica em uma agroindústria localizada no sul de Santa Catarina. O levantamento da quantia de casca rejeitada pela indústria foi efetuado e analisada a geração de energia elétrica produzida com sua queima, com o objetivo de poder suprir certa demanda da indústria. De acordo com a geração de energia pode-se fazer uma análise tarifária conforme os contratos firmados entre a indústria e a cooperativa, permitindo demonstrar uma real vantagem na aplicação da casca para a geração de eletricidade na indústria de beneficiamento de arroz.

Palavras-chave: Biomassa. Casca de Arroz. Geração de Energia Elétrica. Tarifas de Energia

*Graduando do Curso de Engenharia de Energia da Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Araranguá, Rodovia Governador Jorge Lacerda, 3201, Jardim das Avenidas Araranguá, Santa Catarina, Brasil, CEP 88900-000. E-mail: robsonzuquinal1@hotmail.com

1 INTRODUÇÃO

Segundo dados de 2015, a matriz energética brasileira baseia-se principalmente nas fontes hídricas. Uma preocupação surge com as limitações de cunho sazonal, que fazem com que a geração de energia através desta fonte apresente algumas variações. Com isso, o uso das outras formas de geração fez com que os preços para o consumidor final nas tarifas de energia aumentassem (BEN, 2015).

Uma forma alternativa na produção de energia se dá através da biomassa, sendo a casca de arroz uma das possibilidades, assim aparecendo como importante fonte. A mesma pode colaborar na matriz energética nacional e sua utilização para produção de energia ajuda no tratamento dos resíduos que são produzidos pela agroindústria.

Conforme a CONAB, o Brasil se encontra, segundo dados da safra 2013-2014, como o nono país na classificação mundial na produção de arroz, apresentando na região sul do país os maiores valores em termos de área produzida, produtividade e produção (CONAB, 2015).

Como a casca de arroz é um dos principais subprodutos do grão (22% do peso bruto), o mesmo passa a ser incômodo para as indústrias beneficiadoras que devem encontrar um destino de descarte, muitas vezes trazendo prejuízos ao longo do transporte.

Considerando o potencial nacional de produção de arroz e conseqüentemente da casca, vê-se um grande potencial na utilização da mesma para geração própria de energia, principalmente por o subproduto apresentar um alto poder calorífico. A cinza produzida na combustão da casca também pode ser comercializada. A ideia de geração própria da energia consumida é também fortalecida pelo fato de que, historicamente, as tarifas de energia tendem a aumentar.

Assim, o objetivo do presente trabalho é realizar o estudo da viabilidade da utilização da casca de arroz na geração de energia para uma indústria de beneficiamento de arroz.

As principais etapas consistem no levantamento da quantidade de casca rejeitada diariamente pela indústria e assim modelar um sistema de geração utilizando tal resíduo como matéria prima, determinando a energia gerada com o devido processo. Com a energia gerada, uma análise tarifária é efetuada verificando o percentual de demanda que seria coberto com a utilização do rejeito do grão para produção de energia.

A forma utilizada para se produzir energia foi através da combustão do rejeito do grão, que possui 3800 kcal/kg de poder calorífico, onde por exemplo o bagaço de cana com 3906 kcal/kg e resíduos de floresta (3934 kcal/kg), proporcionando uma grande produção de calor.

Esse calor seria destinado à geração de vapor, que movimentaria uma turbina conectada ao gerador, produzindo energia elétrica.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A seguir estarão dispostos os três pontos analisados para a execução do presente trabalho: geração de energia com uso da biomassa, casca de arroz e tarifação de energia.

2.1 Panorama energético mundial

A energia elétrica é de fundamental importância para a humanidade. Seu consumo é considerado um dos indicadores do desenvolvimento da população mundial (TEIXEIRA, 2002).

Conforme a Tabela 1 pode ser vista a supremacia da China na capacidade instalada de geração elétrica no mundo, tomando a liderança dos Estados Unidos no ano de 2011, justificada principalmente por ser o país que apresenta o maior valor no consumo mundial em energia.

A China se apresenta como a maior geradora de energia hidrelétrica no mundo, segundo dados de 2012, com 23,5% da produção mundial. A geração por fontes alternativas, segundo valores ainda de 2012 tem como o principal país os Estados Unidos, com a participação de 21,7% da produção total de energia no planeta e em segundo lugar aparece novamente a China com a produção em 13,8%. Ainda assim, o país chinês tem sua base energética baseada nos combustíveis fósseis e visa, com o tempo, diversificar cada vez mais sua matriz investindo principalmente nas energias renováveis (ANUÁRIO ESTATÍSTICO DE ENERGIA ELÉTRICA, 2015).

Segundo o BEN (2015) as fontes renováveis representam 74,6% da oferta interna de eletricidade no Brasil, se sobressaindo em relação aos outros países em termos da utilização desta forma de geração energética.

Tabela 1 - Capacidade Instalada de Geração Elétrica no Mundo: 10 Maiores Países (GW)

	2008	2009	2010	2011	2012	Participação [%]
Mundo	4529,5	4727,7	4964,5	5204,7	5549,6	100
China	796,2	876,7	972,7	1.082,50	1.174,30	21,2
Estados Unidos	988,3	1.003,20	1.016,90	1.030,60	1.063,00	19,2
Japão	254,4	257	259,5	261,2	293,3	5,3
Índia	173	185,2	203,5	233,5	254,7	4,6
Rússia	222,8	224,1	228,1	231,6	234,4	4,2
Alemanha	129,3	136,2	142,2	147,9	177,1	3,2
Canada	126,4	131,6	132,2	132,8	135	2,4
França	86,3	87,8	90	92,9	129,3	2,3
Italia	77	79,8	84,7	96,5	124,2	2,2
Brasil	102,9	106,6	113,3	117,1	121	2,2
Outros	1820,7	1889,1	1967,7	2026,7	1843,3	33,2

Fonte: Anuário Estatístico De Energia Elétrica, 2015. Elaboração: O Autor

2.2 Produção e consumo nacional de energia elétrica

A matriz energética nacional esteve baseada basicamente em fontes hídricas ao longo de sua história, principalmente por seus recursos hídricos serem de grande potencial e assim sua utilização ser interessante economicamente. Conforme a Tabela 2, as fontes hídricas tiveram um decréscimo em sua utilização nos últimos 6 anos principalmente pelo fato da sazonalidade da fonte da qual a energia é oriunda. Assim, com a redução na pluviosidade nos últimos anos teve-se, conseqüentemente, uma menor produção de energia procedente da fonte hídrica. Destaca-se ainda o aumento na oferta interna de energia elétrica proveniente da biomassa, que entre 2009 e 2014 subiu cerca de 35%, seguindo o padrão de crescimento das outras fontes.

A região Sudeste foi a que apresentou os maiores consumos de energia no cenário nacional, devido à grande atividade industrial, juntamente com o setor de transportes, que demanda grande quantia de energia. A região sul juntamente com a nordeste são as outras duas que encabeçam o consumo de energia elétrica nacional. A região sul contém grande quantidade de indústrias no setor de bebidas bem como de alimentos, sendo que tais setores são os que apresentam os maiores valores na demanda de energia dentro das indústrias, ultrapassando o percentual de 25% do total consumido, demonstrando sua relevância no

aspecto econômico no âmbito de geração de energia destinado para seu departamento (EPE, 2016).

Tabela 2 – Oferta Interna de Energia Elétrica por Fonte

Fonte	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Hidráulica	76,9%	74,0%	81,9%	76,9%	70,6%	65,2%
Importação	8,1%	6,5%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Biomassa	5,4%	4,7%	6,6%	6,8%	7,6%	7,3%
Eólica	0,2%	0,4%	0,5%	0,9%	1,1%	2,0%
Gás Natural	2,6%	6,8%	4,4%	7,9%	11,3%	13,0%
Derivados de Petróleo	2,9%	3,6%	2,5%	3,3%	4,4%	6,9%
Nuclear	2,5%	2,7%	2,7%	2,7%	2,4%	2,5%
Carvão e Derivados	1,3%	1,3%	1,4%	1,6%	2,6%	3,2%

Fonte: Balanço Energético Nacional, 2015. Adaptado pelo Autor.

2.3 – Produção de arroz e seus subprodutos

Conforme a Tabela 3, verifica-se que na safra de 2014/2015 a China foi a maior produtora mundial. O Brasil é o país com a maior produção de arroz fora do continente asiático. Conforme os dados dispostos, verifica-se uma produção maior que seu consumo no território brasileiro, porém este, atrelado com a exportação, faz com que o país tenha que utilizar também de seu estoque para suprir a demanda solicitada, bem como importar o grão.

Tabela 3 – Balanço de Ofertas e Demandas: Arroz Beneficiado – Milhões de Ton. (Safra 12/13)

	China	Índia	Tailândia	Vietnã	Brasil	Nigéria	EUA	Filipinas
Produção	144,50	102,50	18,75	28,05	12,20	11,88	7,07	2,84
Consumo	148,40	99,35	11,70	21,90	11,61	13,20	4,13	6,40
Exportação	0,40	10,20	10,00	6,70	1,17	0,00	3,26	0,00
Estoque Final	46,91	15,6	9,07	0,85	0,77	2,08	1,48	1,09

Fonte: CONAB, 2015. Adaptado pelo Autor

Em termos de área produzida, a participação é dominada pela região sul com mais de 50% do território plantado de arroz presente em suas terras e, assim, mantendo sua tradição na produção do grão. Devido a cultura de produção, investimentos de novas tecnologias ocorrem fortemente nos três estados da região sul, acarretando numa produtividade de praticamente o

dobro de quase todas as outras regiões do país. A combinação entre área produzida e produtividade, esta região se atém na maior produção do alimento no Brasil.

Apesar de ser um estado com pouca disponibilidade de terras quando comparado aos outros, Santa Catarina aparece como o 4º colocado em área produzida do arroz. Isto se dá principalmente por suas excelentes condições climáticas, de terra e disponibilidade de água, fator crucial no processo produtivo. Sua produtividade encontra-se na faixa dos 7150 kg/há correspondendo em 8,67% da produção nacional do grão (CONAB, 2015).

Conforme a Figura 1, existem alguns subprodutos do arroz bem como suas aplicações. Dentre estes subprodutos encontra-se a casca do grão correspondente em grande porcentagem do peso bruto do mesmo.

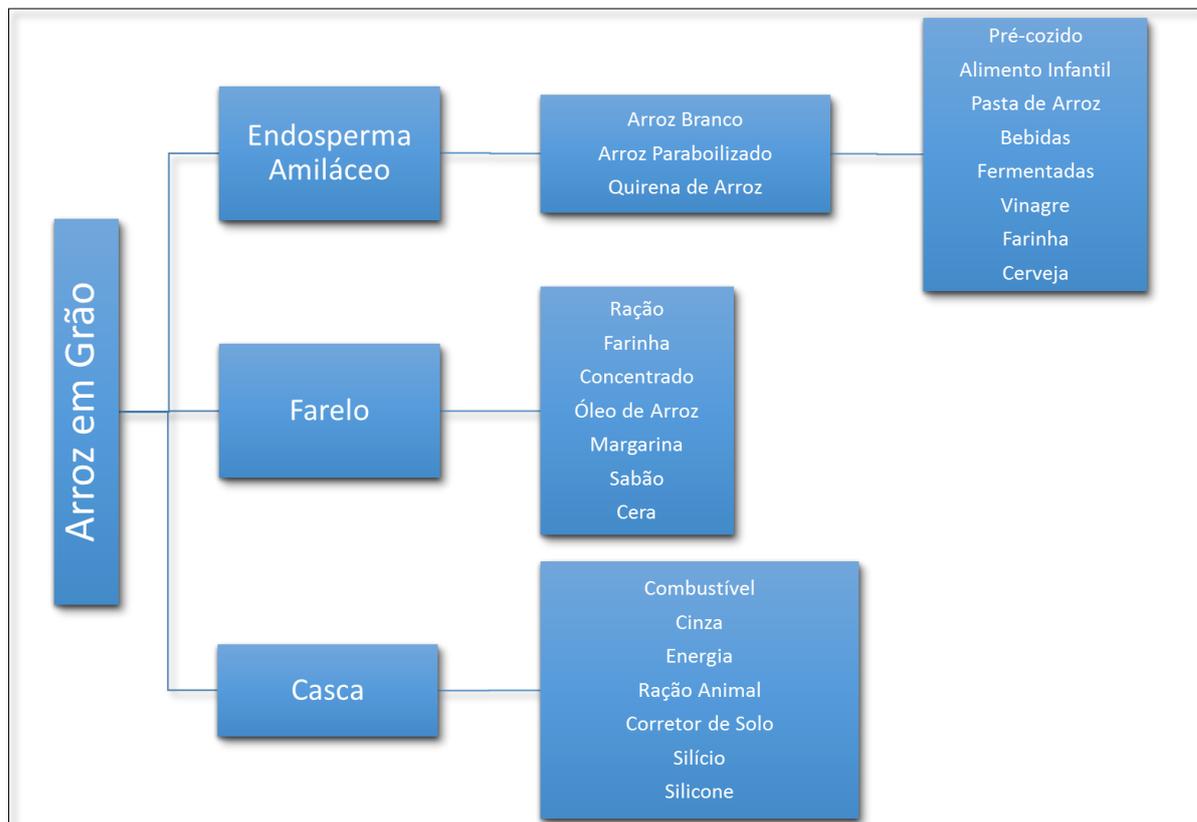


Figura 1 – Produtos e Subprodutos do Arroz. (Fonte: Dalon, 2016).

Os cálculos efetuados para se chegar à quantia de casca produzida consideraram o percentual da casca correspondendo a 22% da massa total do grão (CUNHA, 1986). Assim, com uma produção de cerca de 12,20 milhões de toneladas de arroz, com o cálculo baseado em 22% deste total obtém-se o valor de 2,684 milhões de toneladas de casca produzidas no

cultivo do grão em todo o país. Em Santa Catarina, seguindo a mesma metodologia, tem-se cerca de 1,057 milhão de toneladas de casca produzidos de acordo com a safra de 2014/2015.

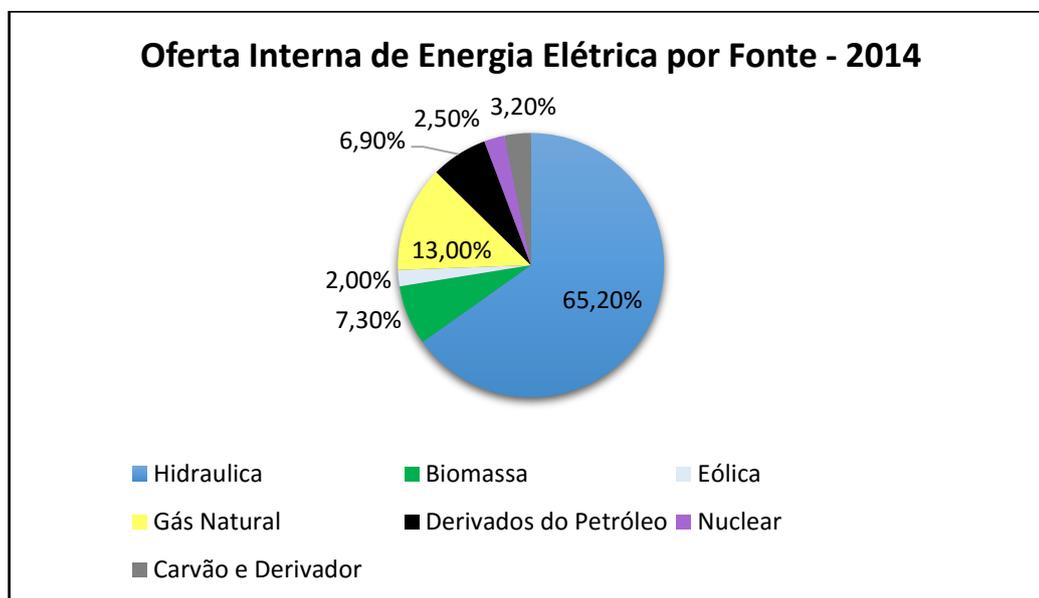
2.4 – Uso da casca de arroz na produção de energia

Conceitualmente, biomassa é qualquer matéria orgânica que possa ser transformada em energia mecânica, térmica ou elétrica, podendo ser classificada conforme sua origem: rejeitos urbanos e industriais, florestais e agrícolas.

Com um futuro promissor, a biomassa aparece como uma das principais fontes para produção de energia, com grande potencial de crescimento nos próximos anos. Considerada como uma das contribuintes para sanar os problemas energéticos mundiais, é preciso que se inclua tal alternativa na matriz energética, principalmente por esta fonte ser menos agressiva ao meio ambiente quando comparada aos combustíveis fósseis.

Conforme o Gráfico 1 verifica-se que a biomassa aparece no cenário nacional com 7,3% do total na oferta interna de energia por fonte, segundo dados de 2014, mostrando-se como uma matriz que precisa ser melhor e cada vez mais explorada para os fins energéticos.

Gráfico 1 – Oferta Interna de Energia por Fonte - 2014



Fonte: BEN, 2015

Toda energia elétrica produzida a partir da biomassa funciona com o processo de conversão da matéria-prima em um produto intermediário. A biomassa após tal processo será utilizada em uma máquina que irá gerar a energia mecânica, transmitindo movimento ao gerador, que irá gerar energia elétrica.

Cortez *et al.* (2008, p. 27) mostra que os consumidores centrais de energia oriunda da biomassa são a indústria, 51,9%; o setor residencial, 16,8%, o setor energético, 14,7%; e o de transportes, 11,5%.

A casca de arroz é um subproduto nas indústrias de beneficiamento do arroz. Assim, uma aplicação interessante eficiente e economicamente viável deste subproduto ao ponto de eliminar tal resíduo. Ela pode ser utilizada também na obtenção de silício que é um elemento de grande valia na produção de diversos equipamentos e componentes eletrônicos, podendo ainda ser aproveitada como composto de ração animal, corretor de solo, etc.

Atualmente, a indústria atualmente já vem utilizando o resíduo em algumas de suas atividades internas, porém, pode-se ainda explorar o seu potencial para a geração de eletricidade.

Conforme visto na Figura 2, existem três ramificações na conversão energética através da casca de arroz, sendo eles os processos físicos, termoquímicos e biológicos.

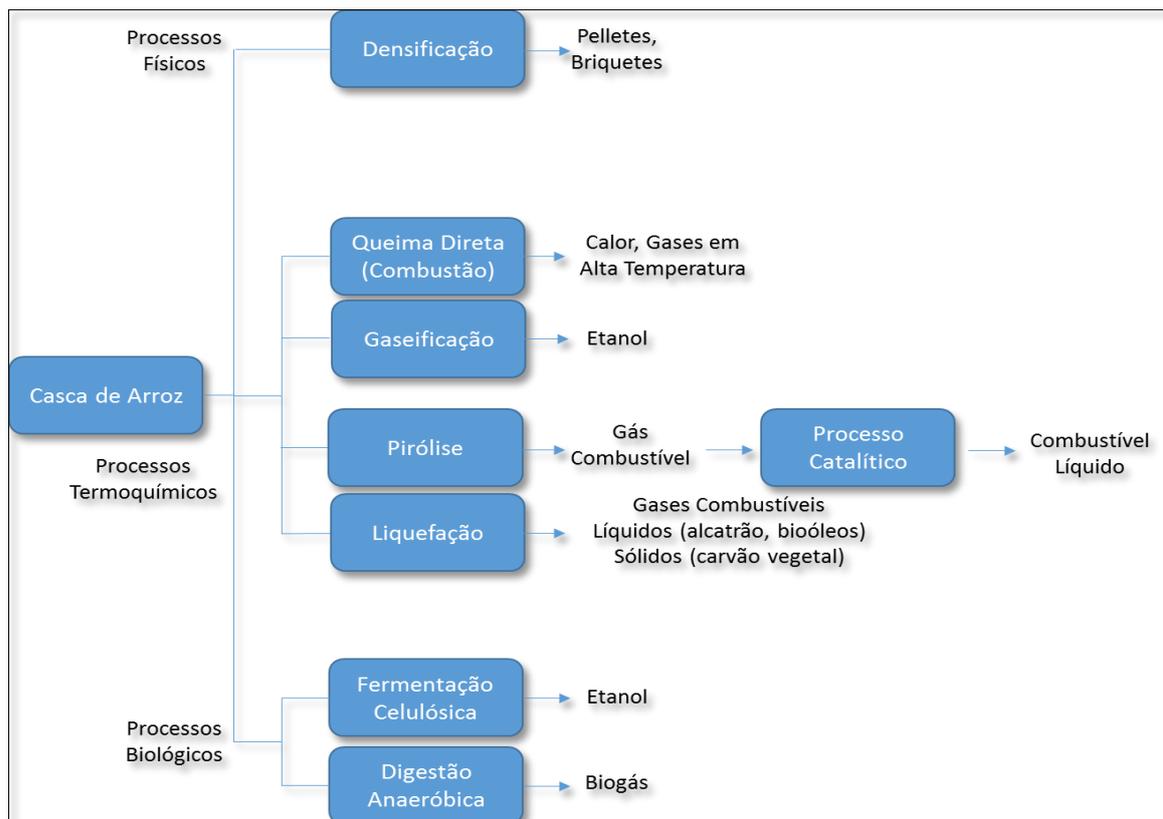


Figura 2 - Processos de Conversão Energética da Casca de Arroz. (Fonte: Mayer; Hoffmann; Ruppenthal, 2006.

Adaptado pelo Autor).

Na sequência serão apresentados os três processos de conversão energética da casca de arroz, mostrando o procedimento que os mesmos sofrem até poderem gerar energia.

2.4.1 – Processos físicos

Tem como principal modo a briquetagem que consiste na densificação da casca para o devido aproveitamento de sua energia. O processo em si é caracterizado pela submissão à grande pressão e temperatura e provocando uma plastificação de lignina, que atua como uma espécie de resina, além de eliminar parte dos sólidos voláteis com baixo poder calorífico.

Como a casca de arroz apresenta o problema de possuir baixa densidade específica (130 Kg/m³) a densificação surge como uma possível solução para esta característica, viabilizando seu processo de uso, armazenamento e transporte, sem contar que o seu poder calorífico é aumentado (MAYER; HOFFMANN; RUPPENTHAL, 2006).

2.4.2 – Processos biológicos

Caracterizam-se pela utilização de enzimas e micro-organismos que metabolizam materiais orgânicos complexos, com a finalidade de produzir metano (CH₄), dióxido de carbono (CO₂) ou até mesmo álcool etílico (etanol).

2.4.3 – Processos termoquímicos

A combustão é uma das formas tecnológicas mais antigas e vem sendo utilizada ao longo de milhões de anos. Grande parte da energia mundial é fornecida através do processo de combustão. A queima de maneira controlada da casca pode servir tanto para os usos internos da indústria beneficiadora, como também para a produção de eletricidade.

A produção de energia elétrica com o uso da casca de arroz nas instalações de uma empresa beneficiadora de arroz ocorre basicamente nas seguintes etapas:

- O arroz primeiramente é recebido dos produtores com casca na indústria.
- O grão é descascado e o resíduo é depositado em um ambiente de modo a ser armazenado.
- O resíduo é transportado até a fornalha que estará responsável em fazer a queima da casca e gerar o calor necessário em aquecer a caldeira.
- A caldeira aquecida irá gerar o vapor necessário para impulsionar a turbina, que estará associada a um gerador e assim obtendo energia elétrica.

Conforme visto na Figura 2 existem várias áreas termoquímicas em que a casca pode ser utilizada. Porém, as mesmas não serão consideradas no presente trabalho.

2.5 – Tarifa de energia

Consumidor de energia é caracterizado como determinada pessoa física ou jurídica que cria um vínculo com alguma concessionária, que será responsável pelo fornecimento de energia elétrica ao consumidor, que estará em sua obrigação no pagamento das faturas. (Energia Elétrica: Conceito, Qualidade e Tarifação, 2008).

Os usuários de energia são classificados de acordo com a tensão de fornecimento, podendo elas serem de alta ou baixa tensão. Consumidores do grupo A são aqueles com o contrato firmado em alta tensão (maior ou igual a 2300 Volts), enquanto consumidores do grupo B são aqueles com o acordo em baixa tensão (menor que 2300 Volts).

2.5.1 – Subgrupos tarifários

Conforme a figura 3, consumidor referente ao grupo B é aquele que têm um vínculo com a concessionária através de um contrato de adesão no qual é especificado algumas diretrizes de acordo com a ANEEL. Este grupo compreende todas as unidades consumidoras com fornecimento em tensão inferior a 2,3 kV, sua totalidade é praticamente constituída por clientes baixa tensão, caracterizado pela tarifa onde o consumidor é cobrado apenas pela energia que consome (monômia).

Existem ainda outras duas formas de classificação dentro do grupo, sendo elas conforme o setor e número de fases. Assim temos as classificações B1, B2, B3 e B4, conforme o setor, e os tipos A, B e C, que correspondem ao monofásico, bifásico e ainda o trifásico.

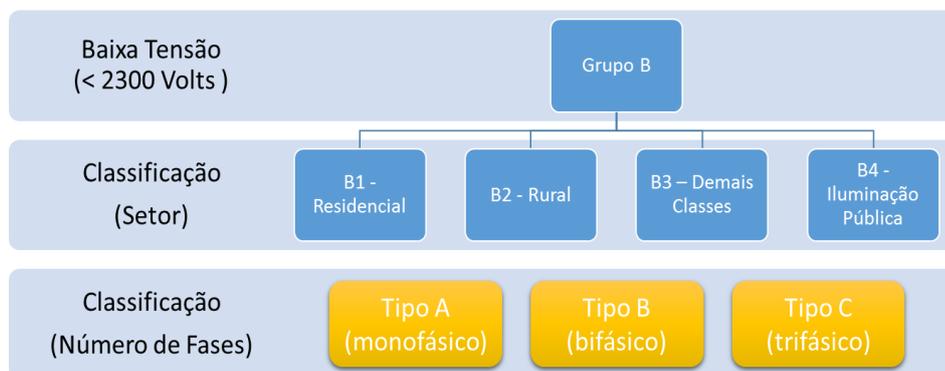


Figura 3 - Classificação dos Consumidores: Grupo B. (Fonte: Energia Eletrobrás, 2008. Adaptado pelo Autor).

A figura 4 apresenta as faixas de tensão em que estão constituídos os clientes enquadrados no subgrupo A. Neste grupo encontram-se os consumidores na faixa de tensão maiores ou iguais a 2,3 KV.

Pode-se notar que existem seis subdivisões dentro deste grupo, sendo cinco de acordo com a tensão de fornecimento e outra ainda para os sistemas subterrâneos.

O grupo possui tarifa binômica, isto é, constituída pelo consumo de energia elétrica ativa e pela demanda faturável.

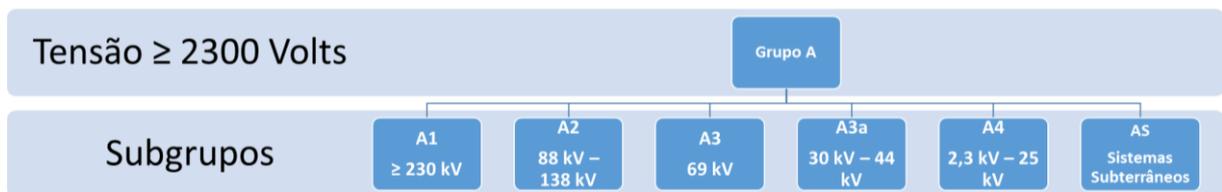


Figura 4 – Classificação dos consumidores: grupo A. (Fonte: Procel Indústria, 2009. Adaptado pelo Autor).

2.5.2 – Períodos tarifários

Os períodos são divididos por meses ao longo do ano, sendo o período úmido aquele referente aos meses entre dezembro e abril, adotando tal nomenclatura por estar na época em que ocorre maior precipitação pluviométrica, e o período seco sendo aquele que inicia em maio e vai até o final de novembro, apresentando o momento em que existe uma menor disponibilidade de água nos mananciais.

Assim o período seco faz com que as usinas termelétricas sejam utilizadas com maior frequência na produção de energia. A energia gerada por este tipo de fonte exige custos mais elevados para as concessionárias, sendo, portanto, a tarifa no período seco mais elevada que no período úmido, onde as fontes hídricas, mais baratas na geração de energia, correspondam um maior percentual na matriz elétrica nacional.

2.5.3 – Horários tarifários

Existem dois horários específicos nas tarifas de energia para alguns modelos. O horário de ponta e fora de ponta.

No cenário nacional a demanda de energia varia ao longo do dia, sendo que das 18:00 até as 21:00 é o horário em que mais se exige das concessionárias e por isto se caracteriza por ser o horário de ponta, com um maior valor nas tarifas que diferenciam as taxas conforme o horário de utilização. O horário fora de ponta se encontra no restante das horas (21 horas restantes).

A exceção dos horários fica para sábados, domingos e alguns feriados, sendo que nestas datas não são consideradas as horas de ponta.

2.5.4 – Modalidades tarifárias

Segundo (ANEEL, 2010) São quatro os tipos de modalidades tarifárias existentes no país: convencional, horosazonal azul, horosazonal verde e horosazonal branca.

A tarifação convencional é aquela que é aplicada sem distinção horária, ou seja, tem tarifa única.

Analisando a tabela 4, vê-se as distintas taxas cobradas de acordo com o seu modelo tarifário. Modelo horosazonal azul é aquele que apresenta maior detalhamento em sua tarifa com variações entre períodos e cobranças diferenciadas para a demanda e consumo.

Existe ainda a tarifação horária branca que é utilizada apenas para às unidades consumidoras do grupo B, menos para o subgrupo B4 e para as subclasses Baixa Renda do subgrupo B1.

É necessário que se tenha um bom conhecimento quanto ao horário de funcionamento da indústria afim de que se encontre o melhor enquadramento tarifário no aspecto econômico e não ocorra ocasiões que gerem o pagamento de multas por ultrapassagem na demanda contratada. A verificação do modelo horosazonal também retorna maiores rentabilidades.

Tabela 4 – Modelos tarifários

Modelo	Demanda	Consumo
Azul	Preço Para Horário de Ponta	Preço Único - Horário de Ponta - Período Úmido Preço Único - Horário Fora de Ponta - Período Úmido
	Preço Para Horário Fora de Ponta	Preço Único - Horário de Ponta - Período Seco Preço Único - Horário Fora de Ponta - Período Úmido
Verde	Mesmo Preço Para Horário de Ponta e Fora de Ponta	Preço Único - Horário de Ponta - Período Úmido Preço Único - Horário Fora de Ponta - Período Úmido Preço Único - Horário de Ponta - Período Seco Preço Único - Horário Fora de Ponta - Período Úmido
	Preço Único	Preço Único

Fonte: ANEEL, 2010. Adaptado pelo Autor

3 METODOLOGIA

A sequência utilizada para o este trabalho, desde a obtenção de informações bem como o tratamento das mesmas, segue no presente tópico. O trabalho que tem como objetivo fazer o estudo da viabilidade da utilização da casca de arroz na geração de energia para uma indústria de beneficiamento de arroz, seguiu o procedimento conforme visto na figura 5.



Figura 5 – Procedimento Metodológico Adotado. (Fonte: Autor, 2016).

Inicialmente, o levantamento médio de casca que é rejeitado pela indústria foi efetuado de tal maneira que, de acordo com os equipamentos utilizados e suas características, se pode ter a quantia de energia gerada. Assim, a análise tarifária de energia baseada no contrato entre a indústria e a cooperativa pode ser feita e, posteriormente, demonstrado os benefícios que seriam obtidos com a implantação do sistema.

O estudo efetuado será realizado na Dalon Alimentos, indústria de beneficiamento de arroz que se encontra no município de Turvo, que compões a AMESC, região do extremo sul catarinense. A indústria está estabelecida no mercado de beneficiamento de arroz por cerca de 23 anos, consolidando-se como uma forte empresa do ramo na região.

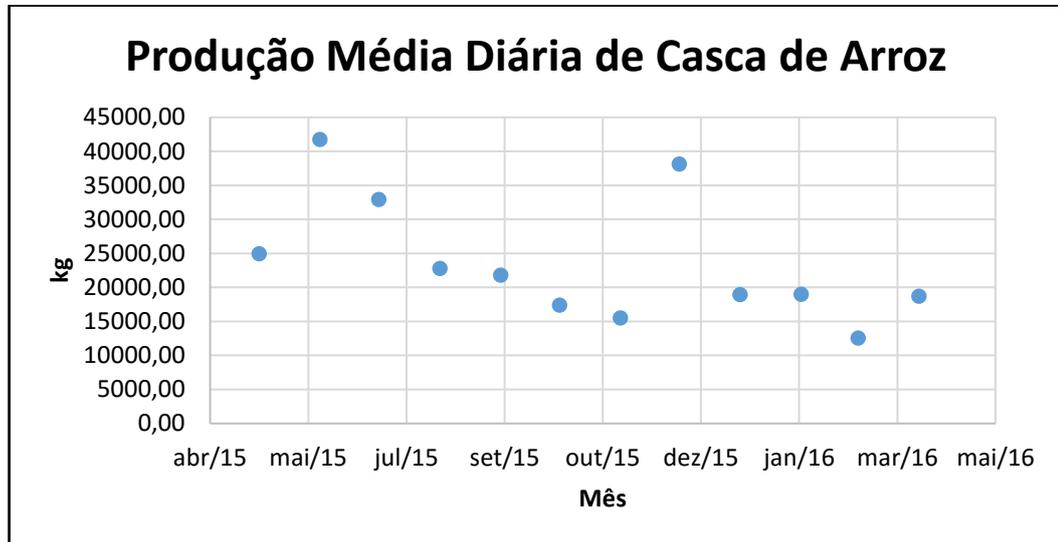
3.1 Rejeito de casca

Efetuuou-se o levantamento da casca que é rejeitada pela indústria. Foi desconsiderada a quantia do resíduo que era utilizado internamente na Dalon Alimentos, já que este não poderia ser aplicado para a produção de energia.

O rejeito calculado foi baseado nos dados arquivados em manifestos ao longo de um ano (abril de 2015 - maio de 2016), somando-se a casca vendida ou cedida de forma gratuita, que seria aquela que se estaria disponível para a queima e produção de energia elétrica.

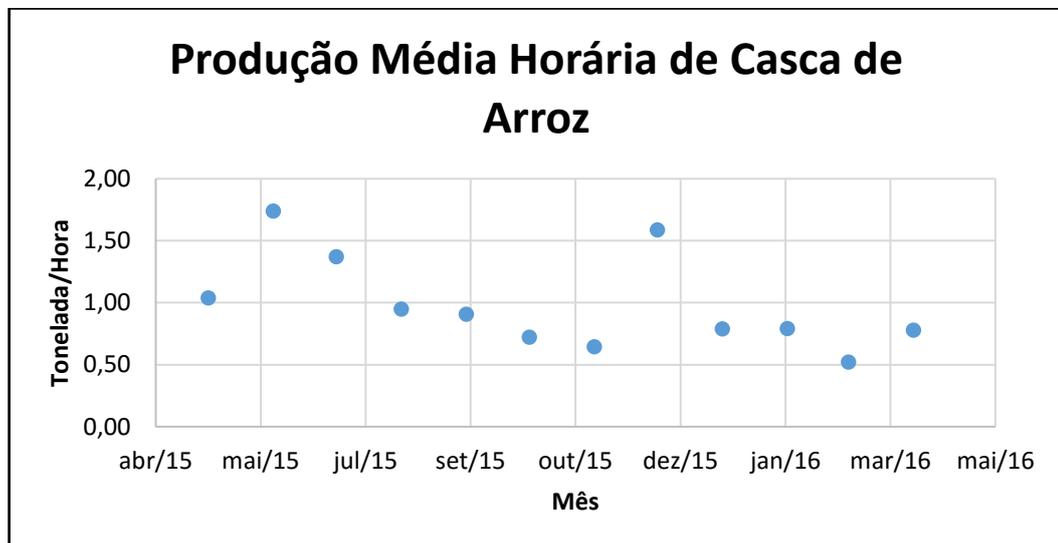
Conforme os Gráficos 2 e 3, tem-se informações a respeito da produção média diária da casca de arroz nos meses analisados, bem como a produção média horária (produção mensal dividida pelo número de dias no mês). Esses dados serão utilizados para o dimensionamento da caldeira e turbina na instalação do sistema gerador.

Gráfico 2 – Produção Média Diária de Casca de Arroz



Fonte: DALON, 2016. Adaptado pelo Autor.

Gráfico 3 – Produção Média Horária de Casca de Arroz



Fonte: DALON, 2016. Adaptado pelo Autor.

3.2 Equipamentos e produção de energia elétrica

Como já citado, foi adotado o ciclo Rankine como o modo de operação do sistema seguindo o padrão de outras plantas térmicas que usam combustíveis fósseis como matéria prima.

Conforme a Figura 6, o processo é caracterizado pela combustão da casca que irá posteriormente gerar determinada quantidade de calor utilizado para a geração de vapor e, assim, terá-se uma geração de trabalho através da conversão da energia do fluxo de vapor em energia mecânica.

Quando o vapor passa através dos bocais da turbina ocorre uma redução de pressão de forma que o vapor se expande no que aumenta sua velocidade. Após, o vapor incide nos álabes da turbina que estão conectados em um eixo, realizando a conversão de energia térmica para a energia cinética.

A turbina estará conectada no gerador com as características conforme apresentadas na Tabela 5, que irá produzir energia elétrica como saída no seu funcionamento.



Figura 6 – Processo de Conversão em Energia Elétrica através da Casca de Arroz. (Fonte: Autor, 2016).

A produção de energia elétrica pode ser representada matematicamente das Equações 1 a 4 sugeridas por Ludwig, Araújo e Putti (2012):

$$Q_{cte} = P_c \times C \times 4,84 \times 10^{-5} \quad (1)$$

onde:

Q_{cte} = Potência total na central termelétrica (MW)

P_c = Poder calorífico (Kcal/Kg)

C = Queima de combustível (t/dia)

$K = 4,84 \times 10^{-5}$ (Constante para ajuste das unidades)

$$Q_{cald} = Q_{cte} \times \eta_{cald} \quad (2)$$

onde:

Q_{cald} : Potência de saída da caldeira (MW)

η_{cald} : Rendimento da caldeira

$$Q_{turb} = Q_{cald} \times \eta_{turb} \quad (3)$$

onde:

Q_{turb} : Potência de saída da turbina (MW)

η_{turb} : Corresponde ao rendimento da turbina

$$W_{elet} = Q_{turb} \times \eta_{ger} \quad (4)$$

onde

W_{elet} = Potência do gerador (MW)

η_{ger} : Rendimento do gerador (Ver nomenclaturas)

O arroz apresenta poder calorífico de 3800 Kcal/Kg segundo (Biomaxind, 2015).

Os equipamentos na análise serão idênticos aos utilizados por Maffioletti e Mota Neto (2013) conforme a Tabela 5:

Tabela 5 – Equipamentos Utilizados e Suas Respectivas Características

Equipamento	Caldeira	Turbina	Gerador
Especificações	Caldeira Aquatubular	Potência: 1200 kW	Potência: 1200 kW
	Pressão de 42 Kg/cm ² .		
	Temperatura de 420 °C.	Pressão de entrada 42 bar	Gerador Síncrono de 4 pólos
	Rendimento de 88%		
	Produção máxima de vapor de 15 ton/hora.	Temperatura de entrada: 420°C	Rotação de 1800 rpm
		Rendimento: 29,8%	Rendimento: 96 %
	Sistema de leito fluidizado para a queima de combustível (Pretz, 2001)		Frequência = 60 Hz

Fonte: AUTOR, 2016

3.3 – Análise tarifária e cálculo da economia de energia

O balanço das economias nos horários de ponta e fora de ponta foi efetuado, assim como na redução de demanda contratada que poderia ser realizada, que conseqüentemente acarretaria na redução de custos da empresa.

O processo de cálculo da produção média em cada hora de energia elétrica seguiu o modelo apresentado na Figura 7.

Com o levantamento de dados diário da produção de casca, pode-se fazer o cálculo da produção de energia elétrica no mesmo período de tempo. O resultado obtido foi dividido pelo número de horas ao longo de um dia (24 horas) e assim obteve-se a média na produção horária de eletricidade do sistema para cada dia nos respectivos meses do período analisado.



Figura 7 – Processo de Cálculo da Produção Média Horária de Energia Elétrica. (Fonte: Autor, 2016).

Comparando a média horária de produção de energia com a as tarifas cobradas pela cooperativa de energia, pôde-se aproximar a redução que seria obtida para cada mês do ano nas tarifas pagas pela indústria.

Como é conhecida a potência consumida por cada modalidade da tarifa, fez-se a alocação da energia que seria produzida conforme a Figura 8. Assim, como o horário de pico está situado entre as 18:00 h. e as 21:00h (3 horas) o cálculo foi feito conforme a Equação 5.

$$ENEPT = PMHE \times 3 \times NDM \quad (5)$$

onde:

ENEPT = Produção no Horário de Ponta (kWh)

PMHE = Produção Média Horária de Energia (kWh)

NDM = Número de Dias do Mês (Dias)

As outras 21 horas restante são destinadas para o uso da energia para o período fora de ponta e se calculou conforme a equação 6.

$$ENEFPT = PMHE \times 21 \times NDM \quad (6)$$

onde:

ENEFPT = Produção de Energia no Horário Fora de Ponta (kWh)

PMHE = Produção Média Horária de Energia (kWh)

NDM = Número de Dias do Mês (Dias)

A redução de demanda na tarifa mensal seria o equivalente à produção horária de energia elétrica. Assim, caso se produza 50 kW em uma hora, ter-se-á uma redução de pelo menos 50 kW na demanda mensal do respectivo período.

A energia especial que aparece na tarifa da indústria é um acordo entre a cooperativa com as indústrias da região para que as mesmas tenham um consumo mínimo no horário de ponta, fazendo então com que a distribuidora de energia tenha um planejamento dos seus serviços de distribuição no horário de pico. Como benefício as empresas têm sua taxa reduzida quando comparado ao horário de ponta normal.

Devido à energia especial ter uma tarifa inferior à energia no horário de ponta, primeiramente a alocação da energia gerada nas 3 horas de horário de ponta foram alocadas para o consumo de ponta da indústria. O restante que não seria destinado para o consumo de ponta foi redirecionado para a energia especial, que apresenta uma menor taxa que o consumo no horário de ponta.

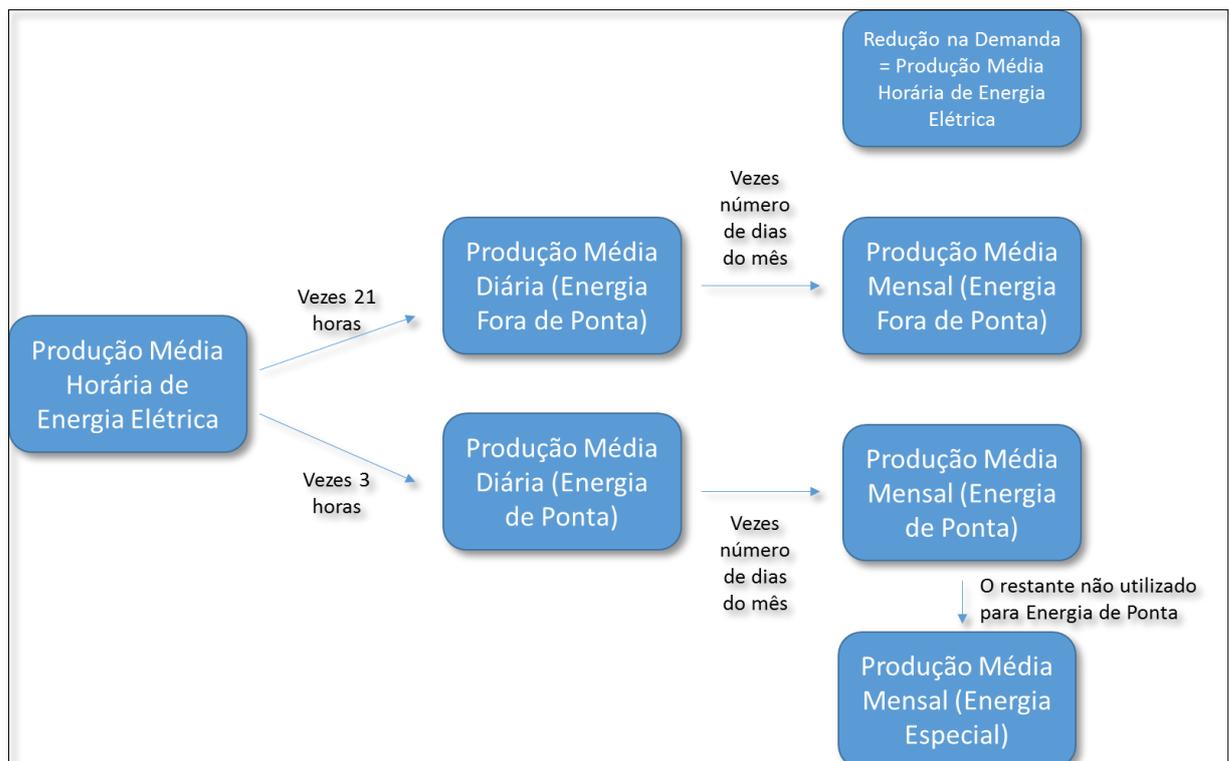


Figura 8 - Alocação da Energia Produzida. (Fonte: Autor, 2016).

3.4 – Benefícios gerais para a indústria

A Figura 9 apresenta o modo como foi analisada a possível redução de custo tarifário. Existe uma variação para as tarifas ao longo dos meses que foi considerada para os devidos

cálculos. Assim, a tarifa para o horário de ponta de um mês poderia ser diferente de outro mês. O mesmo procedimento se aplica para taxa da energia cobrada para período fora de ponta, demanda e energia especial. O cálculo mensal financeiro equivalente à produção de energia foi efetuado e somado ao longo do período analisado, podendo então chegar ao possível valor reduzido ao longo deste um ano.

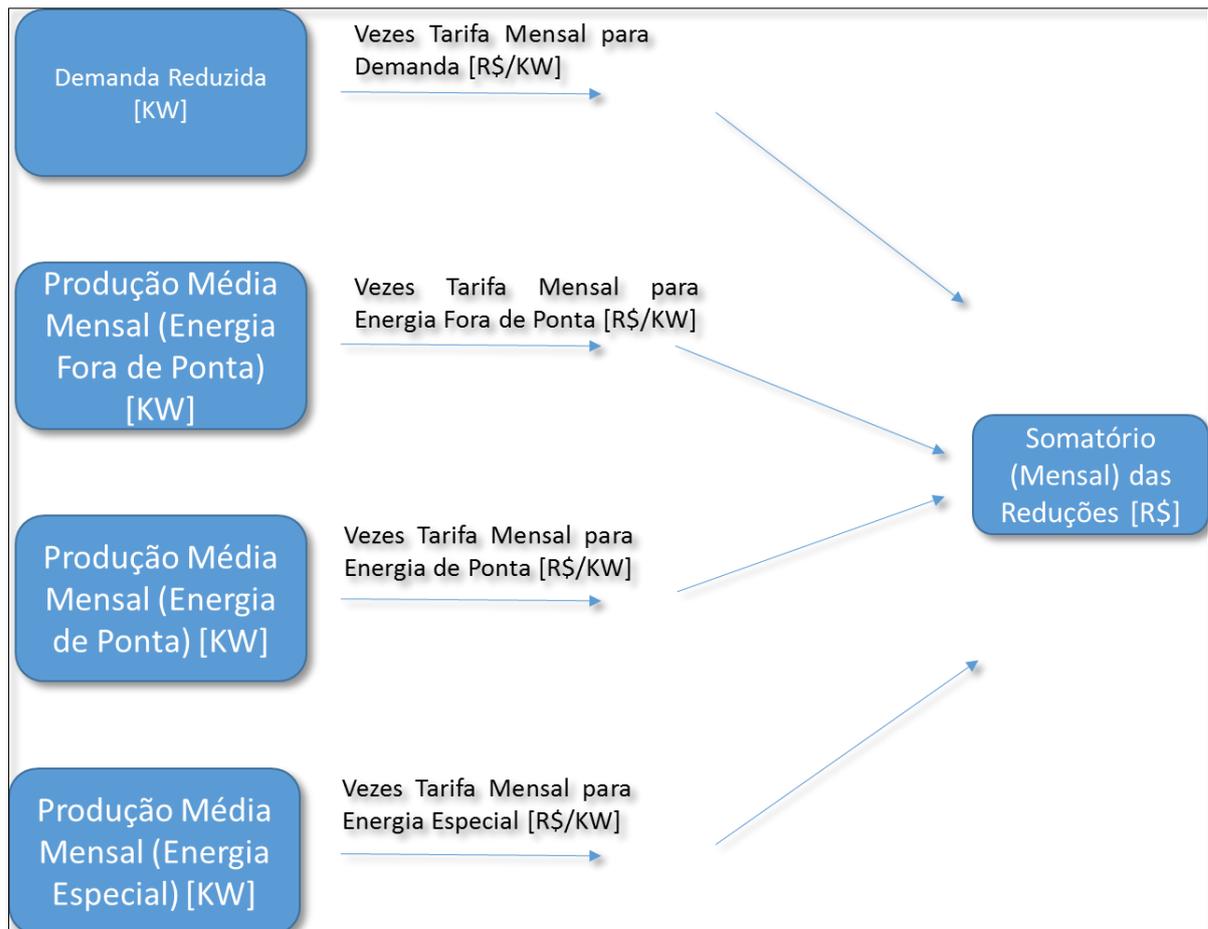


Figura 9 – Modelo de Cálculo da Possível Redução Mensal da Tarifa. (Fonte: Autor, 2016).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir estão dispostos os resultados obtidos bem como algumas discussões realizadas acerca do desenvolvimento do presente trabalho.

4.1 – Caracterização da empresa

A empresa tem o seu fornecimento de energia disposto através da Cersul, cooperativa de energia que atende os municípios de Turvo, Meleiro, Ermo, Morro Grande e Timbé do Sul,

nos quais a permissão é exclusiva da empresa. Em Araranguá, Maracajá, Sombrio, Jacinto Machado, Forquilha e Nova Veneza a permissão é dividida com outras cooperativas e concessionárias. (Cersul, 2016).

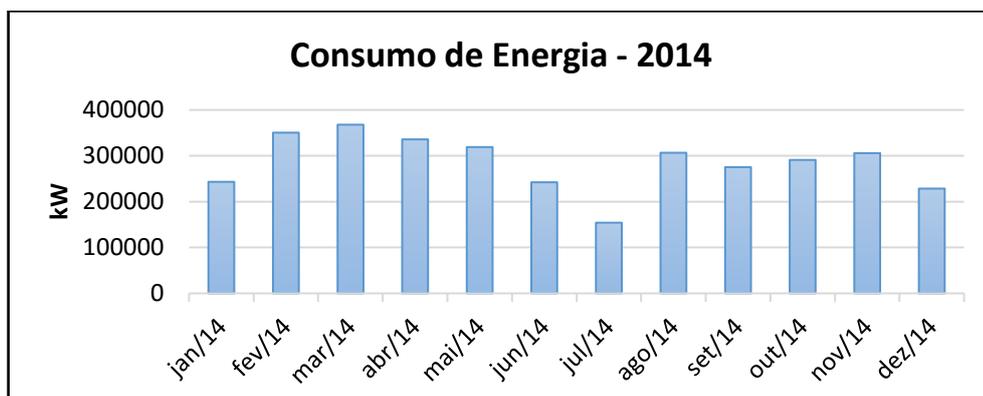
A indústria é abastecida na tensão de 13,8 kV, apresentando uma subestação que transforma para tensões de 220 V e 380 V. Na Figura 10 verifica-se a subestação nas dependências da empresa.



Figura 10 – Subestação da Empresa Beneficiadora de Arroz. (Fonte: Autor, 2016)

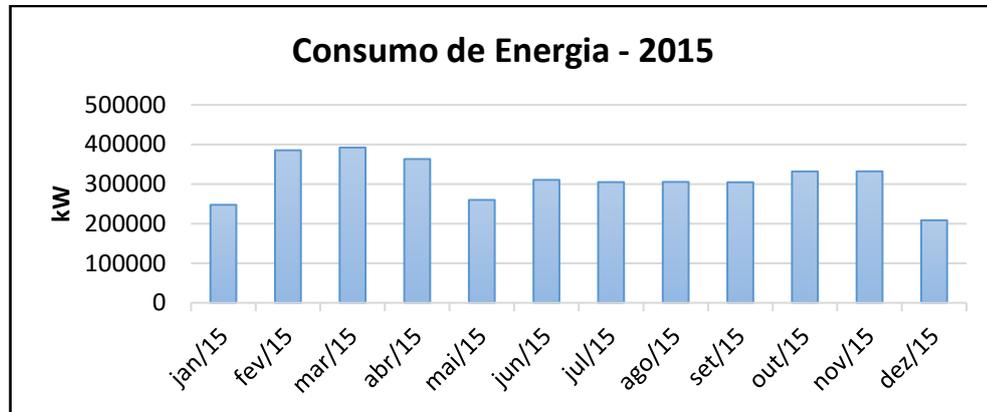
Conforme os Gráficos 4 e 5, verifica-se os consumos de energia nos anos de 2014 e 2015. A demanda de energia vem aumentando, já que consumiu cerca de 284.993 kW em média no ano de 2014 e 312.193 kW em 2015, um aumento de 27.200 kW, equivalente a 9,54% de acréscimo entre um ano e outro.

Gráfico 4 - Consumo de Energia da Empresa em Estudo - 2014



Fonte: CERSUL, 2016

Gráfico 5 - Consumo de Energia da Empresa em Estudo – 2015



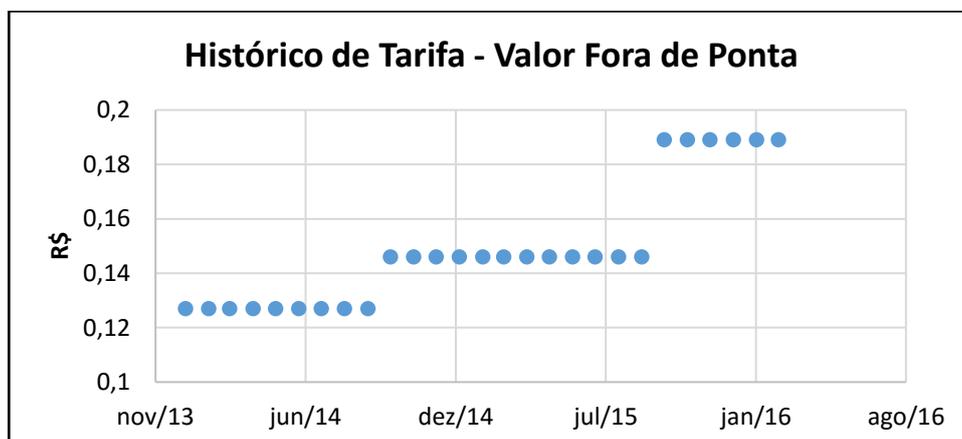
Fonte: CERSUL, 2016

O contrato tarifário da indústria está baseado no modelo horosazonal verde, sendo que a beneficiadora se encontra no subgrupo A4, classe industrial. O fator de potência encontra-se adequado, com o valor médio de 0,95 e com nenhum registro inferior ao valor de 0,92. A demanda contratada no ano de 2014 foi de 600 kW, em 2015 foi aumentada para 700 kW e em 2016 aumentou um pouco mais para 740 kW.

Segundo os Gráficos 6 e 7, vê-se as variações na tarifa cobrada pela energia fora de ponta e de ponta.

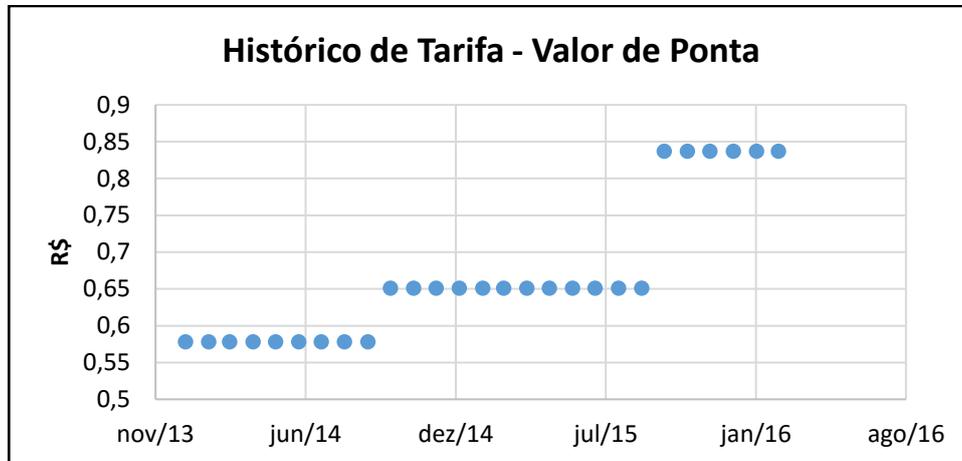
Os custos de energia no ano de 2015 corresponderam em média R\$ 101943,00, exibindo um alto valor nos custos da empresa. A tendência é que as tarifas de energia elétrica aumentem cada vez mais, principalmente pelo fato de os subsídios do governo para as cooperativas tenderem em encerrar.

Gráfico 6 – Histórico de Tarifa – Valor Fora de Ponta



Fonte: CERSUL, 2016

Gráfico 7 – Histórico de Tarifa – Valor de Ponta



Fonte: CERSUL, 2016

4.2 – Produção de energia

Analisando o potencial médio na produção de energia de acordo com o equacionamento, chega-se aos valores mostrados na Tabela 6, onde verifica-se que a geração de energia colaboraria significativamente na demanda mensal de energia.

Tabela 6 – Relação Entre Produção e Energia Mensal Consumida

Mês	Consumo de Energia no mês [MWh]	Total Produzido no mês [MWh]	Percentual de Produção Equivalente ao Consumo
mai/15	259,90	35,83	13,79%
jun/15	310,54	57,98	18,67%
jul/15	304,85	47,23	15,49%
ago/15	305,42	32,69	10,70%
set/15	304,53	30,28	9,94%
out/15	331,94	24,94	7,51%
nov/15	332,15	21,57	6,49%
dez/15	208,54	54,72	26,24%
jan/16	288,28	27,19	9,43%
fev/16	369,65	25,50	6,90%
mar/16	357,88	17,99	5,03%
abr/16	399,36	25,98	6,51%
Total	3773,04	401,9	

Fonte: AUTOR, 2016

A questão da variação na produção de energia com o uso da casca se dá pelo fato de que a mesma não é descartada com o mesmo volume durante todos os meses. Sendo assim, a produção de casca segue o beneficiamento de arroz, com maior ou menor volume, de acordo com a safra.

Existiram meses nos quais os valores ultrapassaram os 25% na contribuição de energia que a produção poderia oferecer e isto traria grandes benefícios econômicos para a indústria.

4.3 – Análise da tarifa de energia

Verifica-se na Tabela 7 a produção média horária de energia elétrica equivalente em cada mês utilizando a casca de arroz. Assim pode-se fazer a análise econômica na redução tarifária que se teria no presente período de acordo com o contrato feito entre a indústria e a cooperativa de energia, considerando o horário de ponta e fora de ponta, período e a demanda contratada. Desta maneira, na utilização desta energia produzida pode-se ter reduções tanto no consumo como na demanda.

A Tabela 8 apresenta os valores que a cooperativa cobrava no decorrer do período analisado para energia consumida no horário de ponta e fora de ponta, bem como na demanda contratada e energia especial.

Tabela 7 – Produção Média Horária de Energia

Mês	Produção [kWh]
mai/15	48,15
jun/15	80,52
jul/15	63,48
ago/15	43,94
set/15	42,05
out/15	33,52
nov/15	29,95
dez/15	73,54
jan/16	36,54
fev/16	36,64
mar/16	24,19
abr/16	36,09

Fonte: AUTOR, 2016

Tabela 8 – Taxas Cobradas Pela Cersul Conforme a Demanda de Energia

Mês	Preço Energia Especial [R\$/kWh]	Preço Energia fora de Ponta [R\$/kWh]	Preço de Demanda [R\$/kW]	Energia de Ponta [R\$/kWh]
mai/15	0,62	0,15	6,20	0,65
jun/15	0,62	0,15	6,20	0,65
jul/15	0,62	0,15	6,20	0,65
ago/15	0,62	0,15	6,20	0,65
set/15	0,62	0,15	6,20	0,65
out/15	0,62	0,15	6,20	0,65
nov/15	0,80	0,19	7,96	0,84
dez/15	0,80	0,19	7,96	0,84
jan/16	0,80	0,19	7,96	0,84
fev/16	0,80	0,19	7,96	0,84
mar/16	0,80	0,19	7,96	0,84
abr/16	0,80	0,19	7,96	0,84

Fonte: CERSUL, 2016

4.4 – Retorno econômico

Analisando os dados da tabela de produção horária média de energia juntamente com as taxas cobradas pela cooperativa ao longo do tempo podem-se obter os equivalentes na redução do valor na tarifa de energia elétrica.

A Tabela 9 mostra a distribuição de energia produzida com o uso da casca de arroz, já alocada para as devidas subáreas nas tarifas (energia especial, consumo fora de ponta e na ponta e demanda).

Com os dados de energia gerada para cada subárea da tarifa, se verifica, através da Tabela 10, os valores que se poderiam ser obtidos caso optasse pela geração de energia com o uso da casca.

Na Tabela 11 se verifica os valores cobrados ao longo dos doze meses analisados na tarifa de energia e o valor percentual em que a geração corresponderia, demonstrando assim a economia, desconsiderando os custos de implantação do sistemas, que o projeto poderia retornar.

Tabela 9 – Distribuição de Energia Produzida com o Uso da Casca de Arroz

Mês	Energia Especial [kWh]	Consumo Fora de Ponta [kWh]	Demanda [kW]	Consumo de Ponta [kWh]
mai/15	4342,27	31347,86	48,15	4478,27
jun/15	7110,95	50728,63	80,52	7246,95
jul/15	5767,61	41325,29	63,48	5903,61
ago/15	3070,67	28606,67	43,94	4086,67
set/15	964,90	26494,32	42,05	3784,90
out/15	2751,57	21822,97	33,52	3117,57
nov/15	1129,78	18870,47	29,95	2695,78
dez/15	4036,38	47875,69	73,54	6839,38
jan/16	3262,62	23790,34	36,54	3398,62
fev/16	3051,66	22313,60	36,64	3187,66
mar/16	2113,29	15745,03	24,19	2249,29
abr/16	3111,96	22735,75	36,09	3247,96

Fonte: CERSUL, 2016. Elaboração: Autor

Tabela 10 – Valores Equivalentes com o Uso da Energia produzida com a Casca de Arroz

Mês	Energia Especial [R\$]	Energia Fora de Ponta [R\$]	Demanda [R\$]	Energia Ponta [R\$]	Total [R\$]
mai/15	2692,20	4576,79	298,55	2910,87	10478,41
jun/15	4408,79	7406,38	499,23	4710,52	17024,92
jul/15	3575,92	6033,49	393,57	3837,35	13840,33
ago/15	1903,81	4176,57	272,44	2656,33	9009,16
set/15	598,24	3868,17	260,74	2460,19	7187,34
out/15	1705,97	3186,15	207,84	2026,42	7126,38
nov/15	903,82	3566,52	238,43	2264,46	6973,23
dez/15	3229,11	9048,51	585,39	5745,08	18608,09
jan/16	2610,10	4496,37	290,89	2854,84	10252,20
fev/16	2441,33	4217,27	291,65	2677,63	9627,88
mar/16	1690,63	2975,81	192,52	1889,40	6748,37
abr/16	2489,57	4297,06	287,26	2728,29	9802,18
Total [R\$]					126678,5

Fonte: CERSUL, 2016. Elaboração: Autor.

Tabela 11 – Tarifas de Energia (mai/15 – abr/16)

Mês	Custo [R\$]
mai/15	73615,62
jun/15	84493,27
jul/15	106150,62
ago/15	107977,88
set/15	102651,51
out/15	138275,28
nov/15	138221,03
dez/15	95336,06
jan/16	121283,28
fev/16	143981,69
mar/16	132540,67
abr/16	141644,48
Total [R\$]	1301678,12
Economia com o Projeto [R\$]	126.678,50
	Percentual
	9,73%

Fonte: CERSUL, 2016. Elaboração: Autor.

5 CONCLUSÃO

Neste trabalho foi apresentado um estudo da utilização da casca de arroz para se gerar energia em uma indústria de beneficiamento de arroz. O levantamento da quantia de casca rejeitada pela empresa foi efetuado e, de acordo com os equipamentos selecionados para tal projeto, pôde-se dimensionar a quantidade de energia que seria gerada. Com a energia gerada, juntamente com análise tarifária firmada entre o acordo da indústria e a cooperativa, foi possível estimar o valor financeiro retornado no possível investimento.

Vê-se assim que no intervalo de um ano se obteria uma economia na produção de energia em quase R\$ 130.000,00 sem considerar os custos de investimentos no projeto. O valor de retorno ultrapassa a maioria das tarifas mensais de energia elétrica, sendo que a geração de energia elétrica corresponderia, cerca de 9,73 % em economia na tarifa de energia no período analisado, mostrando-se assim um contribuinte econômico de grande peso nas atividades da indústria.

Pode-se concluir com base nos valores encontrados que o retorno financeiro na aplicação do projeto para a geração de energia com base na casca de arroz como matéria prima é notável, mesmo em um curto período de tempo (12 meses), com uma equivalência financeira em cerca de um mês da tarifa de energia da indústria.

Benefícios como o descarte da casca que ainda gera incômodo para a indústria seriam supridos com a aplicação do projeto. Com a queima ainda se poderia aproveitar a cinza que pode ser utilizada como matéria prima na produção de materiais semicondutores. Outros fatores como o ambiental também são pontos positivos que tornam o projeto bastante atraente.

A utilização do aproveitamento dos resíduos da casca de arroz para a geração de energia é positiva, visto que se observa uma redução significativa de seus custos de produção devido a geração própria de energia elétrica, além do calor de processo.

UTILIZATION OF RICE HUSK ON ENERGY PRODUCTION TO A PROCESSING RICE INDUSTRY IN THE SOUTH OF SANTA CATARINA

ABSTRACT

The use of biomass as a feedstock for energy production has been an alternative widely discussed in the current Brazilian energy scenario. Some dilemmas were created about its availability, logistics and economical return for this process. Nowadays it is possible to bring ideas that focus on sorting such arguments and also propose alternatives economically viable for companies that are willing in applying the concept of power generation fueled by biomass. The rice husk is one of the sub products with biggest generation on the south of Santa Catarina because of the local culture of farming this grain. The waste possesses strong potential in electrical power generation for presenting a high calorific power, besides the fact that it is possible to find a more sustainable end for this waste. This work presents a study for rice husk utilization in the production of electricity in an agribusiness located in the south of Santa Catarina. The calculation of the amount of husk thrown out by the industry was made and then it was analyzed the electrical power generated by burning it, with the goal of supply a certain demand of the industry. Accordingly, with the power generation it is possible to develop a tariff analysis in accordance with the contracts signed between the industry and the electrical cooperative, being able to show a real advantage in applying rice husk for electrical power generation in the rice processing industry.

Today arise proposals to remedy such impasses and jointly propose economically viable alternatives for companies willing in the application of power generation using biomass.

Keywords: Biomass. Rice Husk. Electricity Generation. Energy Rates

REFERÊNCIAS

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. Disponível em: <<http://www.eletronbras.com/>>. Acesso em: 15 mai. 2016.

Anuário Estatístico De Energia Elétrica 2015. Rio de Janeiro: EPE - Empresa de Pesquisa Energética, 2015. Anual.

Anuário Estatístico De Energia Elétrica 2013. Rio de Janeiro: EPE - Empresa de Pesquisa Energética, 2015. Anual.

Balanco Energético Nacional. Rio de Janeiro: Epe, 2015. Anual.

Biomaxind. Brique. 2015. Disponível em: <<http://www.biomaxind.com.br/site/br/brique.html>>. Acesso em: 15 mar. 2016.

CERSUL. Disponível em: <<http://www.cersul.com.br/site/>>. Acesso em: 25 mar. 2016.

CORTEZ, Luís Augusto Barbosa, LORA, Electo Eduardo Silva, GÓMEZ, Edgardo Olivares, 2008, **Biomassa para Energia.** 1 ed. Campinas, Editora da Unicamp.

CUNHA, JOSE C. C., et al. **Relatório do projeto de pesquisa “aproveitamento energético da casca de arroz”.** Porto Alegre: CIENTEC – FINEP, 1986. 170p

EMBRAPA. Cultivo do Arroz irrigado no Brasil. 2012. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Arroz/ArrozIrigadoBrasil/cap18.htm>> Acesso em 20 mar. 2016.

Energia elétrica: conceito, qualidade e tarifação: guia básico / Eletrobrás [et al.]. Brasília : IEL/NC, 2008.127 p. : il.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/Paginas/default.aspx>>. Acesso em: 6 mar. 2016.

HOFFMANN, RONALDO. **Método avaliativo da geração regionalizada de energia, em potências inferiores a 1 MW, a partir da gestão dos resíduos de biomassa – PROMEC/UFRGS. O caso da casca de arroz. Tese de doutorado PROMEC / UFRGS.** Porto Alegre, 1999. 195p.

INFORME SETORIAL: Orizicultura: Principais Características Atuais. Brasília: Gerência de Estudos Setoriais da Área Industrial/departamento Agroindústria e de Bens de Consumo - Departamento de Comunicação, 2008.

LUDWIG, Rafael; ARAUJO, Adamo de Souza; PUTTI, Fernando Ferrari. Usina Termelétrica a Partir da Casca de Arroz. **Fórum Ambiental da Alta Paulista**, Alta Paulista, v. 8, n. 7, p.79-93, ago. 2012.

MAFFIOLETTI, Joice; MOTA NETO, João. Geração de Energia Elétrica com Uso de Casca de Arroz. **Revista Brasileira de Energia**, Criciúma, v. 19, p.49-59, set. 2013.

MAPA - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Brasil Projeções do Agronegócio 2010/2011 a 2020/2021.** Brasília, 2011.

MAYER, Flávio Dias; HOFFMANN, Ronaldo; RUPPENTHAL, Janis E.. **Gestão Energética, Econômica e Ambiental do Resíduo Casca de Arroz em Pequenas e Médias Agroindústrias de Arroz.** Xiii Simpep, Bauru, p.1-11, nov. 2006

Perspectivas Para a Agropecuária: Safra 2015/2016 Produtos de Verão. Brasília: Conab, n. 3, 2015. Anual.

PRETO, E. V.; L. MORTOZA, G. **Geração de energia elétrica utilizando biomassa.** 2010. 82 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia Elétrica. Universidade de Brasília, Brasília, 2010.

TEIXEIRA, E. C. **O papel das políticas públicas no desenvolvimento local e na transformação da realidade.** AATR, Salvador, 2002. Acesso em: 20 mar. 2016.

UFRGS (Rio Grande do Sul). **Terra de Arroz: Casca**. 2016. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/alimentus1/terradearroz/grao/gr_casca.htm>. Acesso em: 7 mar. 2016.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, em primeiro lugar, à Deus por estar presente não somente durante este trabalho, mas também em toda minha graduação como em minha vida. Obrigado pela força e saúde, sempre me motivando em vencer os obstáculos encontrados, sendo o meu melhor amigo nas melhores e piores situações.

Á minha família que esteve presente, acreditando que eu poderia conseguir e torcendo para que tal realização fosse alcançada.

Ao meu orientador e professor Luciano Lopes Pfitscher pelo auxílio, conhecimento e por deixar ao meu alcance todas as fontes proporcionando a realização do presente trabalho. Obrigado pela paciência e atenção em todos os momentos solicitados, sendo esta humildade o que lhe diferencia de diversos profissionais.

A todos os meus professores nos quais dispuseram de seu tempo para com competência exercer suas funções proporcionando um ensino de qualidade até o término desta graduação.

Aos meus amigos que me apoiaram antes, durante e com toda a certeza após a graduação, motivando em vencer na vida e lembrando de minha pessoa em suas orações: Thais, Haniel, Lukeshow, Teló, Guilherme, Vinícius, Tiagão, Elicson, Max, Eduar, Eder, Maíra, Mateus, Suelen, Rosana, Togu, Prof. Everton e Quenia.

Á Coordenadoria de Graduação da Universidade Federal de Santa Catarina e todas as suas instâncias e pessoas envolvidas por fazerem possível que mais um engenheiro esteja apto ao mercado de trabalho.