

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE ADMINISTRAÇÃO (EA)  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS ADMINISTRATIVAS (DCA)  
COMISSÃO DE GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO (COMGRAD-ADM)

A VIABILIDADE ECÔNOMICO-FINANCEIRA DE UMA TERMELÉTRICA  
BASEADA NA QUEIMA DA CASCA DE ARROZ E APROVEITAMENTO DAS  
CINZAS.

LUCAS DINON CARPENEDO

TRABALHO DE CONCLUSÃO DO CURSO  
DE GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO

PORTO ALEGRE

2009

Lucas Dinon Carpenedo

A VIABILIDADE ECÔNOMICO-FINANCEIRA DE UMA TERMELÉTRICA  
BASEADA NA QUEIMA DA CASCA DE ARROZ E APROVEITAMENTO DAS  
CINZAS.

Trabalho de conclusão de curso de graduação  
apresentado ao Departamento de Ciências  
Administrativas da Universidade Federal do  
Rio Grande do Sul, como requisito parcial para  
a obtenção do grau de Bacharel em  
Administração.

Orientador: Profa. Dra. Tania Nunes da Silva

Porto Alegre

2009

Lucas Dinon Carpenedo

A VIABILIDADE ECÔNOMICO-FINANCEIRA DE UMA TERMELÉTRICA  
BASEADA NA QUEIMA DA CASCA DE ARROZ E APROVEITAMENTO DAS  
CINZAS.

Conceito final:

Aprovado em \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

BANCA EXAMINADORA

---

---

---

Orientadora – Profa. Dra. Tania Nunes da Silva

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Modelo ilustrativo de uma usina termelétrica .....	27
Figura 2 - Tarifas médias (R\$/MWh) por classes de consumo e por regiões geográficas do Brasil.....	36
Figura 3 - Painel de Controle - Cenário 1 .....	39
Figura 4 - Fluxo de Caixa Simplificado - Cenário 1 .....	39
Figura 5 - Payback simples e descontado - Cenário 1 .....	42
Figura 6 - VPL e TIR - Cenário 1 .....	45
Figura 7 - Painel de Controle - Cenário 2.....	46
Figura 8 - Fluxo de Caixa Simplificado - Cenário 2 .....	47
Figura 9 - Payback simples e descontado - Cenário 2.....	48
Figura 10 - VPL e TIR - Cenário 2.....	49
Figura 11 - Painel de Controle - Cenário 3.....	50
Figura 12 - Fluxo de Caixa Simplificado.....	51
Figura 13 - Payback simples e descontado - Cenário 3.....	52
Figura 14 - VPL e TIR - Cenário 3.....	53

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Matriz de Energia Elétrica .....	12
Tabela 2 - Comparação do poder calorífico inferior .....	23
Tabela 3 - Equipamentos da Usina .....	34
Tabela 4 - Custos de Instalação.....	35
Tabela 5 - Tabela Comparativa de Desempenho dos Cenários.....	54

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>7</b>
1.1	CENÁRIO	7
1.2	PROBLEMA	8
1.3	QUESTÃO DE PESQUISA	8
1.4	OBJETIVOS	9
1.4.1	<b>Objetivo Geral</b>	<b>9</b>
1.4.2	<b>Objetivos Específicos</b>	<b>9</b>
1.5	JUSTIFICATIVA	9
<b>2</b>	<b>REVISÃO TEÓRICA</b>	<b>11</b>
2.1	SUSTENTABILIDADE	12
2.2	MÉTODOS DE AVALIAÇÃO ECONÔMICA E FINANCEIRA	14
2.2.1	<b>Análise do fluxo de caixa</b>	<b>15</b>
2.2.2	<b>Taxa Mínima de Atratividade (TMA)</b>	<b>15</b>
2.2.3	<b>Critério do Valor Presente Líquido (VPL)</b>	<b>16</b>
2.2.4	<b>Critério da Taxa Interna de Retorno (TIR)</b>	<b>17</b>
2.2.5	<b>Tempo de Retorno de Capital ou Payback</b>	<b>17</b>
2.3	LEGISLAÇÃO DO SETOR ENERGÉTICO	18
2.4	ARROZ E CINZAS	21
2.5	TERMELÉTRICA – CADEIA DE PRODUÇÃO TÉRMICA	26
<b>3</b>	<b>PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS</b>	<b>31</b>
<b>4</b>	<b>AVALIAÇÃO DE VIABILIDADE ECONÔMICA-FINANCEIRA</b>	<b>34</b>
4.1	CUSTOS DA USINA	34
4.2	HORIZONTE DE ANÁLISE	35
4.3	AVALIAÇÃO DO INVESTIMENTO	37

4.3.1 Cenário 1 .....	38
4.3.2 Cenário 2 .....	46
4.3.3 Cenário 3 .....	50
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	55
ANEXO A – PROPOSTA PARA CONSTRUÇÃO DA TERMELÉTRICA .....	60

# 1 INTRODUÇÃO

Este trabalho analisa a viabilidade econômica-financeira da instalação de uma usina termelétrica que usa casca de arroz como combustível. Tratamos de temas como sustentabilidade, geração de energia termelétrica, métodos de análise de investimento, uso de casca de arroz como combustível e as cinzas geradas no processo de queima da casca do arroz.

## 1.1 CENÁRIO

Diante da crise energética e do crescimento econômico brasileiro, faz-se necessário o aumento da disponibilidade energética. Em meados de 2001 o Brasil sofreu o que a mídia chamou de “Apagão” Energético, quando, então, se discutiam a falta de energia elétrica devido ao aumento da demanda e da redução da oferta, principalmente devido à redução dos níveis dos reservatórios das hidrelétricas, que representam 70,14% da energia produzida no Brasil. Elas são dependentes do volume de seus reservatórios, conseqüentemente das chuvas e, portanto, dependem de um fenômeno meteorológico incerto. Porém, existem outras fontes energéticas utilizadas e licenciadas atualmente no Brasil pela ANEEL<sup>1</sup> (Agência Nacional de Energia Elétrica): eólica, fotovoltaica, hidrelétrica, maré e termelétrica.

Nesse contexto entende-se que existe, na geração de energia, uma oportunidade de negócios interessante. Então, o trabalho tem o objetivo de analisar se existe viabilidade econômico-financeira na instalação de uma usina termelétrica baseada na queima da casca de arroz e aproveitamento das cinzas. O motivo da escolha dessa matriz energética (combustível de queima) é a possibilidade de conseguir esta matéria-prima com facilidade, já que é

---

<sup>1</sup> ANEEL é uma agência reguladora vinculada ao Ministério de Minas e Energia.



tratada como resíduo do processo produtivo em que está inserida; e da oportunidade de utilizar a cinza produzida na queima em um novo produto, aumentando a sinergia do negócio e aumentando (possivelmente) a viabilidade financeira do projeto.

## 1.2 PROBLEMA

Enfrentamos um cenário de escassez energética diante da capacidade instalada e das perspectivas de crescimento. A lei da oferta e demanda força o preço da energia para cima, pressionando os custos do setor produtivo. A matriz energética brasileira é, como será mostrado a seguir, baseada na energia hidráulica, uma energia limpa, mas que necessita tempo para começar a produzir e muito investimento inicial.

Identificamos a oportunidade de produção de energia térmica, que demanda menor investimento inicial, menor tempo de instalação do que a energia hidráulica e que ainda pode ser alimentada por biomassa à partir da casca do arroz. Esta já é queimada pelos engenhos, para reduzir seu volume, na época da safra para secagem do grão e em poucos casos é aproveitado na geração de energia. A queima da casca de arroz gera cinzas no final do processo. Tal cinza ainda não é explorada comercialmente de forma ampla.

## 1.3 QUESTÃO DE PESQUISA

O propósito do estudo é alcançar uma resposta à pergunta: há viabilidade econômico-financeira para uma termelétrica baseada na queima da casca de arroz e aproveitamento das cinzas?

## 1.4 OBJETIVOS

### 1.4.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é analisar a viabilidade econômica-financeira da geração energética através da queima da casca de arroz e aproveitamento de suas cinzas.

### 1.4.2 Objetivos Específicos

- a) Verificar os custos incorridos na instalação da usina e seu custo operacional;
- b) Verificar os preços pagos nos mercados de energia;
- c) Determinar o fluxo de caixa da empresa durante o período de 10 anos;
- d) Verificar os fatores que afetam o negócio como: legislação do setor energético e ambiental;
- e) Verificar alternativas para o aproveitamento da cinza residual do processo de queima da casca de arroz;

## 1.5 JUSTIFICATIVA

Este trabalho é importante para a sociedade/cidade, pois supre uma necessidade (energia), de forma limpa (biomassa), aproveitando um resíduo da produção agrícola e ainda busca uma solução para o resíduo final (cinzas). Também gera empregos e receita através de impostos. É importante para o ambiente, pois elimina um problema ambiental (cascas de arroz lançadas na lavoura) utilizando uma energia limpa, substituindo a geração térmica através de combustíveis fósseis (carvão, petróleo e gás). É importante para as

empresas do setor arroseiro, pois examina a possibilidade de utilização de um resíduo do processo (sem valor) na produção de energia. As empresas podem reduzir custo de energia e dar destinação correta aos resíduos (casca do arroz). Por último, é importante para mim, pois pode significar uma oportunidade de inserção no mercado de trabalho.

## 2 REVISÃO TEÓRICA

Na revisão teórica, abordamos temas como sustentabilidade, a matriz energética brasileira, a legislação que regula a geração de energia, os métodos de avaliação econômica e financeira do projeto, um pouco sobre a safra de arroz do qual retiramos a casca para o processo de queima, termelétricas e aplicações para as cinzas do processo.

A matriz energética brasileira apresenta-se com a seguinte distribuição, atualizada em 28 de Setembro de 2008:

### Matriz de Energia Elétrica<sup>2</sup>

Empreendimentos em Operação							
Tipo		Capacidade Instalada		%	Total		%
		N.º de Usinas	(kW)		N.º de Usinas	(kW)	
<b>Hidro</b>		703	77.450.007	70,14	703	77.450.007	70,14
<b>Gás</b>	Natural	85	10.588.402	9,59	114	11.769.430	10,66
	Processo	29	1.181.028	1,07			
<b>Petróleo</b>	Óleo Diesel	594	3.273.816	2,96	616	4.647.310	4,21
	Óleo Residual	22	1.373.494	1,24			
<b>Biomassa</b>	Bagaço de Cana	255	3.492.063	3,16	303	4.647.265	4,21
	Licor Negro	13	859.217	0,78			
	Madeira	28	233.187	0,21			
	Biogás	3	41.590	0,04			
	Casca de Arroz	4	21.208	0,02			
<b>Nuclear</b>		2	2.007.000	1,82	2	2.007.000	1,82
<b>Carvão</b>	Carvão	8	1.455.104	1,32	8	1.455.104	1,32

<sup>2</sup> ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. <http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/OperacaoCapacidadeBrasil.asp>. Acesso em 28 de Setembro de 2008.

<b>Mineral</b>	Mineral						
<b><u>Eólica</u></b>		17	272.650	0,25	17	272.650	0,25
<b>Importação</b>	Paraguai		5.650.000	5,46		8.170.000	7,40
	Argentina		2.250.000	2,17			
	Venezuela		200.000	0,19			
	Uruguai		70.000	0,07			
<b>Total</b>		<b>1.763</b>	<b>110.418.766</b>	<b>100</b>	<b>1.763</b>	<b>110.418.766</b>	<b>100</b>

Tabela 1- Matriz de Energia Elétrica

## 2.1 SUSTENTABILIDADE

O Relatório Brundtland (1987) – elaborado pela Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, conceitua sustentabilidade como: "suprir as necessidades da geração presente sem afetar a habilidade das gerações futuras de suprir as suas". O mesmo relatório aponta uma série de medidas que devem ser tomadas pelos países para promover o desenvolvimento sustentável. Entre elas:

- limitação do crescimento populacional;
- garantia de recursos básicos (água, alimentos, energia) a longo prazo;
- preservação da biodiversidade e dos ecossistemas;
- diminuição do consumo de energia e desenvolvimento de tecnologias com uso de fontes energéticas renováveis;
- aumento da produção industrial nos países não-industrializados com base em tecnologias ecologicamente adaptadas;
- controle da urbanização desordenada e integração entre campo e cidades menores;
- atendimento das necessidades básicas (saúde, escola, moradia).

Em âmbito internacional, as metas propostas são:

- adoção da estratégia de desenvolvimento sustentável pelas organizações de desenvolvimento (órgãos e instituições internacionais de financiamento);
- proteção dos ecossistemas supra-nacionais como a Antártica, oceanos, etc;
- banimento das guerras;
- implantação de um programa de desenvolvimento sustentável pela Organização das Nações Unidas (ONU).

Para SILVA, PADILHA, SAMPAIO (2006), desenvolvimento sustentável

É o processo político, participativo que integra a sustentabilidade econômica, ambiental, espacial, social e cultural, sejam elas coletivas ou individuais, tendo em vista o alcance e a manutenção da qualidade de vida, seja nos momentos de disponibilização de recursos, seja nos períodos de escassez, tendo como perspectivas a cooperação e a solidariedade entre os povos e as gerações.

Para VALLE (1995), o impacto ambiental é qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que direta ou indiretamente afetam a segurança, a saúde, o bem-estar, atividades socioeconômicas, condições estéticas, sanitárias e qualidade dos recursos ambientais.

De acordo com a NBR ISSO 14001, a organização deve estabelecer e manter procedimentos para identificar os aspectos ambientais de suas atividades, produtos ou serviços que possam por ela ser controlados e sobre os quais se presume que ela tenha influência, a fim de determinar aqueles que tenham ou possam ter impacto significativo sobre o meio ambiente. A empresa deve assegurar que os aspectos relacionados a esses impactos significativos sejam considerados na definição de seus objetivos ambientais. A norma ainda prevê que a empresa mantenha as informações específicas de gestão ambiental atualizadas para que possam ser auditadas e acompanhadas ao longo do período (SILVA, PADILHA, SAMPAIO, 2006).

Segundo a NBR 10.004 (2004) da ABNT, os resíduos sólidos são classificados, conforme os riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública, em três classes:

Classe I – perigosos

Classe II – não inertes

Classe III – inertes.

A casca de arroz, de acordo com a NBR 10.004 é classificada como resíduo de classe II, ou seja, não inerte e não perigoso à saúde humana e ao meio ambiente. Porém, seu destino na maioria dos casos é o descarte em lavouras e fundos de rios, prejudicando o meio ambiente (VISCONTE, 2008).

A cinza da casca de arroz, já está sendo aplicada em pesquisas da área de construção civil, principalmente na produção de concretos de alto desempenho, usado em lajes, vigas e pilares. Ela pode substituir em até 40% o volume de cimento utilizado no concreto (PRUDÊNCIO JÚNIOR, 2003).

Para uma análise de viabilidade de um projeto de investimento, faz-se necessário usar os corretos métodos de avaliação. Apresentamos a seguir os métodos que entendemos necessários para avaliar este projeto.

## 2.2 MÉTODOS DE AVALIAÇÃO ECONÔMICA E FINANCEIRA

A avaliação neste caso será de um investimento. Investimento remete a idéia de empregar um capital com vistas de que este seja remunerado pela valorização ou pelas rendas que ele proporcionará num determinado período. Segundo GALESNE, FENSTERSEIFER e LAMB (1999), fazer um investimento consiste, para uma empresa, em comprometer capital, sob diversas formas, de modo durável, na esperança de manter ou melhorar sua situação econômica.

De acordo com ROSS, WESTERFIELD e JAFFE (2002), a primeira informação que precisamos para avaliar uma proposta de investimento é o conjunto de demonstrações financeiras projetadas. A partir daí, podemos desenvolver os fluxos de caixa planejados para o projeto. Uma vez que tivermos os fluxos de caixa, poderemos estimar o valor do projeto e sua rentabilidade.

### **2.2.1 Análise do fluxo de caixa**

O fluxo de caixa consiste na representação dinâmica da situação financeira de uma empresa, considerando todas as fontes de recursos e todas as aplicações em itens do ativo (ZDANOWICZ, 2004). É o conjunto de entradas e saídas de capital ao longo do tempo (SECURATO, 1999).

Outro método que podemos empregar é o da taxa mínima de atratividade.

### **2.2.2 Taxa Mínima de Atratividade (TMA)**

Um projeto de investimento só será interessante, do ponto de vista econômico, se a taxa de rendimento que ele produzir for superior à taxa de custo de capital. Este custo de capital é representado pela remuneração do capital utilizado no investimento. Ao avaliar um projeto, temos que levar em conta a taxa de juros do mercado financeiro. Essa taxa funciona como custo de oportunidade. Para que o projeto seja viável, a taxa de rendimento do projeto deve ser, simultaneamente, superior à taxa de juros do mercado financeiro e remunerar o investidor pelo risco inerente ao projeto. Estas duas taxas constituem-se em referenciais para determinar a taxa mínima de atratividade (TMA) de um projeto (SECURATO, 1999).

Os critérios para a tomada de decisão em investimentos mais usuais são: o método do VPL (Valor Presente Líquido), TIR (Taxa Interna de Retorno) e o tempo de retorno de capital ou *payback*.



### 2.2.3 Critério do Valor Presente Líquido (VPL)

Segundo ROSS, WESTERFIELD e JAFFE (2002), o valor presente líquido é a diferença entre o valor de mercado de um investimento e seu custo. É uma medida de quanto valor é criado ou adicionado hoje para se realizar um investimento. Como o objetivo é criar valor para os acionistas, os valores presente líquidos devem ser sempre positivos.

SECURATO (1999) caracteriza o VPL pela transferência para a data zero das entradas e saídas de fluxo caixa associado ao projeto, tendo como base de cálculo sua taxa mínima de atratividade.

Conforme GITMAN (1997), por considerar explicitamente o valor do dinheiro no tempo, o valor presente líquido é considerado uma técnica sofisticada de análise, por descontar os fluxos de caixa de uma empresa a uma taxa especificada. Essa taxa, freqüentemente chamada de taxa de desconto ou custo de oportunidade, referindo-se ao retorno mínimo que deve ser obtido por um projeto.

O VPL é calculado conforme a seguinte equação:

$$VPL = R_0 + R_1/(1+i) + R_2/(1+i)^2 + \dots + R_n/(1+i)^n$$

onde

VPL: Valor Presente Líquido

i = taxa mínima de atratividade

R = entradas e saídas de caixa ao longo do tempo.

Assim, se

- (VPL > 0) significa que o projeto é economicamente interessante à taxa de juros considerada;

- (VPL = 0) significa que o projeto produz retorno igual a taxa mínima de atratividade da empresa;

- (VPL < 0) significa que o projeto não é viável economicamente, pois não há sequer a recuperação do capital investido.

#### **2.2.4 Critério da Taxa Interna de Retorno (TIR)**

A taxa interna de retorno, apesar de ser consideravelmente mais difícil de calcular que o VPL, é possivelmente a técnica mais utilizada para a avaliação de alternativas de investimento. A TIR é definida como a taxa de desconto que iguala o valor presente das entradas de caixa ao investimento inicial em um projeto. É a taxa de desconto que faz com que o VPL de uma oportunidade de investimento iguale-se a zero (GITMAN, 1997).

Conforme SECURATO (1999), a TIR deve ser comparada com a taxa mínima de atratividade exigida para o projeto. Se a TIR for maior ou igual à taxa mínima estipulada, o projeto poderá ser aceito. Caso a TIR seja inferior à taxa mínima de atratividade, recomenda-se rejeitar o projeto.

Deve-se observar atentamente que este método pressupõe que os fluxos intermediários de caixa do projeto sejam reinvestidos à sua taxa interna de retorno.

A TIR é calculada pela seguinte equação:

$$R_0 + R_1/(1+i) + R_2/(1+i)^2 + \dots R_n/(1+i)^n = 0$$

#### **2.2.5 Tempo de Retorno de Capital ou Payback**

Este método consiste na determinação do número de períodos necessários (tempo) para recuperar o capital investido. O período de retorno do

investimento (p) é a relação entre o total do investimento (G) e o fluxo de caixa médio anual provável (L) gerado pelo projeto, assim

$$p = G/L$$

combinando com a expressão de rentabilidade simples (h)  $h=L/G$  temos

$$p = 1/h.$$

Este método não leva em consideração o valor do dinheiro no tempo, o que pode causar decisões equivocadas de investimentos dada as heterogeneidades de fluxo de caixa dos projetos. Melhor usar, portanto, o *payback* descontado.

Conforme WESTON e BRIGHAM (2000), *payback* descontado é o período de tempo exigido para recuperar o investimento a partir de fluxos de caixa líquidos descontados. O período de *payback* descontado complementa o *payback* simples por levar em conta os custos de capital e mostrar o ano de equilíbrio depois de cobrir os custos de endividamento e de capita próprio.

Mesmo após calcularmos o retorno de um projeto de investimento através desses métodos, precisamos levar em conta se ele é juridicamente e ambientalmente possível. A legislação impõe regras aos projetos, que devem ser analisadas antes de sua execução para que não seja prejudicado futuramente ou possível negado pela autoridade que concede a licença ambiental.

## 2.3 LEGISLAÇÃO DO SETOR ENERGÉTICO

A legislação básica do setor elétrico se formou ao longo de quase 70 anos de história. É uma soma de artigos da Constituição, leis complementares e ordinárias, decretos, portarias interministeriais, portarias do Ministério de Minas e Energia e do extinto Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE), resoluções da ANEEL e CONAMA. Os marcos da

modernização deste segmento, quando se esgotou o papel do Estado investidor, são a Lei de Concessões de Serviços Públicos, de fevereiro de 1995 e Lei 9.427/1996, que trata da criação da ANEEL. Incluem-se, os atos legislativos atualizados diariamente e suas eventuais alterações, republicações, retificações, inclusões e revogações, efetivadas pelo Centro de Documentação (ANEEL).

O MAE – Mercado Atacadista de Energia, ambiente onde se processa a contabilização de toda a energia elétrica produzida e consumida no país, foi criado pela Lei nº 9.648, de 27 de maio de 1998, e é regulamentada pelo decreto nº 2.665, de 2 de julho de 1998.

A Lei nº 10.438/2002, em seu artigo 3º, criou o Programa de Incentivo à Fontes Alternativas de Energia Elétrica – PROINFA, o qual inclui a geração termelétrica a partir de biomassa e se constitui essencialmente dos recursos da CDE (Conta de Desenvolvimento Energético).

O processo de outorga para geração de energia elétrica é regulamentado pela Resolução ANEEL nº 112/99, a qual estabelece requisitos necessários à obtenção de registro (para centrais até 5 MW) ou autorização (centrais acima de 5 MW) para implantação, ampliação ou repotenciação de centrais geradoras termelétricas, eólicas e de outras fontes.

A comercialização está regulamentada pelo artigo 26 da Lei 9.427/96 e modificada pelo artigo 1º da Lei 9.648/98.

Além das disposições básicas da Constituição Federal de 1998, o referencial legislativo básico da geração energética compreende:

- Lei 8.987/95 - Dispõe sobre o regime de concessão e permissão da prestação de serviços públicos previsto no art. 175 da Constituição Federal, e dá outras providências;
- Lei 9.074/95 - Estabelece normas para outorga e prorrogações das concessões e permissões de serviços públicos e dá outras providências;

- Lei 9.427/96 - Institui a Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, disciplina o regime das concessões de serviços públicos de energia elétrica e dá outras providências;
- Lei 9.433/97 - Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989;
- Lei 9.478/97 - Dispõe sobre a política energética nacional, as atividades relativas ao monopólio do petróleo, institui o Conselho Nacional de Política Energética e a Agência Nacional do Petróleo e dá outras providências;
- Lei 9.648/98 - Altera dispositivos das Leis nº 3.890-A, de 25 de abril de 1961, nº 8.666, de 21 de junho de 1993, nº 8.987, de 13 de fevereiro de 1995, nº 9.074, de 7 de julho de 1995, nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996, e autoriza o Poder Executivo a promover a reestruturação das Centrais Elétricas Brasileiras - ELETROBRÁS e de suas subsidiárias e dá outras providências;
- Lei 9.984/2000 - Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas - ANA, entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e dá outras providências;
- Lei 9.991/2000 - Dispõe sobre realização de investimentos em pesquisa e desenvolvimento e em eficiência energética por parte das empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas do setor de energia elétrica, e dá outras providências;
- Lei 10.438/02 - Dispõe sobre a expansão da oferta de energia elétrica emergencial, recomposição tarifária extraordinária, cria o

Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa), a Conta de Desenvolvimento Energético (CDE);

Soma-se a esta legislação um grande número de decretos e instruções normativas editadas pela ANEEL, que pela quantidade e pouca relevância não serão listados neste trabalho.

## 2.4 ARROZ E CINZAS

Segundo o IRGA (Instituto Rio Grandense do Arroz) o cultivo do arroz irrigado no Estado do Rio Grande do Sul, ocorre entre outubro e dezembro (plantio), e precisa de mais quatro a cinco meses, em média, para o ciclo produtivo. Assim, a colheita ocorre geralmente entre março e maio do ano subsequente ao plantio (AZAMBUJA; VERNETI JÚNIOR; MAGALHÃES JÚNIOR, 2004; apud RATHMANN *et al*, 2007).

A cultura do arroz é praticada em quase todos os Estados e está sujeita a condições climáticas bastante distintas. Assim, a precipitação pluvial, a temperatura do ar, a radiação solar e o fotoperíodo (tempo compreendido entre o nascer e o pôr-do-sol) podem afetar a produtividade. Na maioria dos cultivares o fotoperíodo ideal é cerca de 10 horas. A temperatura ótima para o desenvolvimento do arroz situa-se entre 20°C e 35°C para a germinação, de 30°C a 33°C para a floração e de 20°C a 25°C para a maturação (EMBRAPA, 2009). Para ser utilizado na alimentação humana, o arroz deve ser beneficiado, retirando sua casca e impurezas.

Segundo a EMBRAPA (2009), a casca de arroz pode ser utilizada na fabricação de diversos produtos, como componente da alimentação animal, material de cama e ninho para animais, material de construção na confecção de tijolos e de barcos, fonte de sílica e de carbono etc.

No município de Itaqui-RS, a CAMIL (Cooperativa Agrícola Mista Itaquiense Ltda.) construiu uma usina termoelétrica que utiliza a casca do arroz

como combustível. Segundo a empresa CAMIL, a central, que pode gerar até 4,2 MW/hora, permite à empresa utilizar energia de fonte própria para produção e ainda comercializar o excedente para empresas da região. Além de preservar o meio ambiente, a empresa economiza recursos financeiros e elimina a necessidade do transporte da casca.

As usinas que queimam casca de arroz são usinas queimadoras de biomassa. O termo biomassa engloba a matéria vegetal gerada através da fotossíntese e os seus derivados, tais como: resíduos florestais e agrícolas, resíduos animais e a matéria orgânica contida nos resíduos industriais, domésticos, municipais, etc. A biomassa é o combustível para a queima, pois esta contém energia química provinda da transformação energética da radiação solar (LORA e NASCIMENTO, 2004).

Quanto a classificação do arroz, para Nogueira e Lora (2003) este está inserido na categoria de “Biocombustíveis não florestais (agrocombustíveis)” – 1º nível, subprodutos agrícolas – 2º nível. Seu poder calorífico inferior comparado com outras biomassas (NOGUEIRA E LORA, 2003).

**Tabela comparativa de poder calorífico inferior**

<b>BIOMASSA</b>	<b>PCI (MJ/kg)</b>
Lenha Verde	8,2
Lenha seca ao ar	13,8
Lenha seca em estufa	16,8
Carvão vegetal	30,8
Carvão de resíduos agrícolas	25,7

Bagaço	8,4 – 12,6
<b>Palha e casca de arroz</b>	<b>13,4</b>
Pontas e caules	13,8
Esterco	13,6
Licor negro	12,5
Resíduos sólidos urbanos	11,5 – 13,4

**Tabela 2 - Comparação do poder calorífico inferior**

A casca de arroz é um revestimento ou capa protetora formada durante crescimento do grão, de baixa densidade e elevado volume. É um material fibroso, cujos maiores constituintes são celulose (50%), lignina (30%) e resíduos inorgânicos (20%). A casca do arroz representa 20% do peso do grão e é composta por quatro camadas (POUEY, 2006).

Lora e Nascimento (2004) observam que os resíduos agrícolas devem ser explorados como biomassa com cautela visto que no longo prazo os custos ambientais podem ser maiores que os benefícios energéticos, devido a uma eventual redução da matéria orgânica e nutrientes do solo. Também se faz necessário observar se a biomassa explorada energeticamente não encontra um uso mais interessante como matéria-prima industrial ou alimento.

Outros autores remetem a seu uso atual:

O aproveitamento de resíduos agrícolas tem-se tornado uma necessidade em função do alto custo ambiental derivado do seu inadequado descarte na natureza. Nesse cenário, a casca de arroz, assim como a cinza produzida pela sua queima indiscriminada tornaram-se preocupantes em determinadas regiões do País, com destaque para a região Sul, em virtude do grande volume produzido anualmente.



As pesquisas envolvendo a obtenção de materiais para a construção, empregando a casca de arroz, concentram-se, basicamente, em sua cinza, devido a sua ampla aplicação industrial, com destaque para a indústria cerâmica. Para uso na construção civil (concreto e argamassa), as pesquisas apontam que a cinza deve ser de alta qualidade, com elevado grau de pureza (reduzido teor de carbono) e, principalmente, pela exigência de que apresente elevada reatividade química (estrutura amorfa) (ZUCCO e BERALDO, 2008).

Do processo de queima da casca de arroz pelos engenhos para reduzir seu volume, para secagem do grão e para geração de energia, obtém como resíduo a cinza. A cinza da casca do arroz apresenta diversas características conforme a temperatura e pressão que é queimada.

A partir da realização do 1º Seminário sobre o Aproveitamento da Casca do Arroz, em Uruguaiana – RS, existem estudos e experimentos pilotos para viabilizar o uso racional da casca de arroz no Estado. Segundo POUHEY (2006, com esse objetivo, foram construídas duas usinas termoelétricas que utilizam casca de arroz como combustível no Estado do rio Grande do Sul, UTE Dom Pedrito (capacidade de 6MW) e UTE Capão do Leão (8MW).

A cinza gerada no processo de queima da casca de arroz pode ser aproveitada em outras atividades. A cinza pode ser utilizada como pozolana. MEHTA e MONTEIRO (1994), conceituam pozolana como um material silicoso ou sílico-aluminoso que em si mesmo possui pouca ou nenhuma propriedade cimentante, mas numa forma finamente dividida e na presença de umidade, reage quimicamente com hidróxido de cálcio a temperaturas ambientes para formar compostos com propriedades cimentantes. Ou seja, podemos utilizar a cinza como substituto ao cimento, desde que a queima da casca ocorra com temperatura controlada, para que se obtenha o teor necessário de sílica amorfa, e por conseqüência, a atividade pozolânica.

De acordo com POUHEY (2006), a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) já prevê cimentos pozolânicos ou cimentos em que existe adição de pozolanas: Cimento Portland Composto (NBR 11578/91), Cimento Portland Pozolânico (NBR 5736/91) e Cimento Portland Resistente a Sulfatos (NBR 5737/92).

A cinza ainda possui elevado teor de sílica (entre 95 e 98%), uma matéria obtida com a queima da casca do arroz, aproveitando o uso deste tipo específico de combustível (biomassa). Representada pelo símbolo SiO<sub>2</sub>, é um mineral muito duro que aparece em grande quantidade na natureza, pois é encontrada nas areias e na maioria das rochas (KULCSAR NETO, 1995).

A sílica pode ser encontrada em formas cristalinas, tais como o quartzo, a tridimita, a cristobalita e a trípoli, ou na forma amorfa como a sílica gel ou a sílica coloidal. Muitas matérias-primas tem sílica em sua composição, tais como: areia, quartzo, quartzito, feldspato, filito, granito, agalmatolito, bentonita, dolomita, argila e caulim.

Com relação as aplicações na construção civil,

A corrosão no concreto armado e os custos de recuperação/manutenção das estruturas têm levado a buscas de alternativas para melhorar a qualidade deste material. A sílica melhora a qualidade do concreto devido à sua atuação física e química. A reatividade da sílica está relacionada com sua densidade de carga superficial, que depende do pH do ambiente. Uma variação na densidade de carga modifica a reatividade da sílica e, propriedades do concreto (DA LUZ E SCATENA, 2007).

Outras aplicações para sílica são: armazenagem de longo prazo para equipamentos e suprimentos militares; armazenagem de longo prazo em fábricas e equipamentos desativados; secagem de flores; proteção para vestuário e produtos em couro; contêineres e engradados para frete; prevenção contra a condensação em painéis de controle/visualização e vidros isolados; proteção para motores automotivos, aéreos e marítimos; produtos farmacêuticos; prevenção contra corrosão de componentes e ferramentas de metal; secagem de gás e ar, etc.

Porém, se a opção for a de trabalhar com sílica com alto teor de pureza deve-se observar que esta oferece alguns perigos. A sílica oferece riscos consideráveis à atividade humana. Ela é causa de uma doença pulmonar chamada silicose. Pode também agravar casos de bronquite e tuberculose. A silicose é incurável e leva ao endurecimento dos pulmões, dificultando a respiração e podendo causar até a morte. Seu manuseio deve ser observado mais atentamente para que não haja exposição dos funcionários e possíveis reclamações trabalhistas que inviabilizem o negócio.

Para a geração da cinza, primeiro se faz necessário queimar a casca do arroz. A queima é realizada em uma usina termelétrica, mas especificamente na caldeira.

## 2.5 TERMELÉTRICA – CADEIA DE PRODUÇÃO TÉRMICA

As usinas termelétricas em geral têm um funcionamento semelhante, independentemente do combustível utilizado. O combustível é queimado na caldeira, onde gera vapor a partir da água que circula por uma rede de tubos em suas paredes. O vapor de água movimentando as pás de uma turbina, cujo rotor gira juntamente com o eixo de um gerador que produz energia elétrica. Posteriormente, este vapor é resfriado para voltar ao formato líquido, que volta ao início do ciclo.

Segue modelo ilustrativo de uma usina termelétrica:

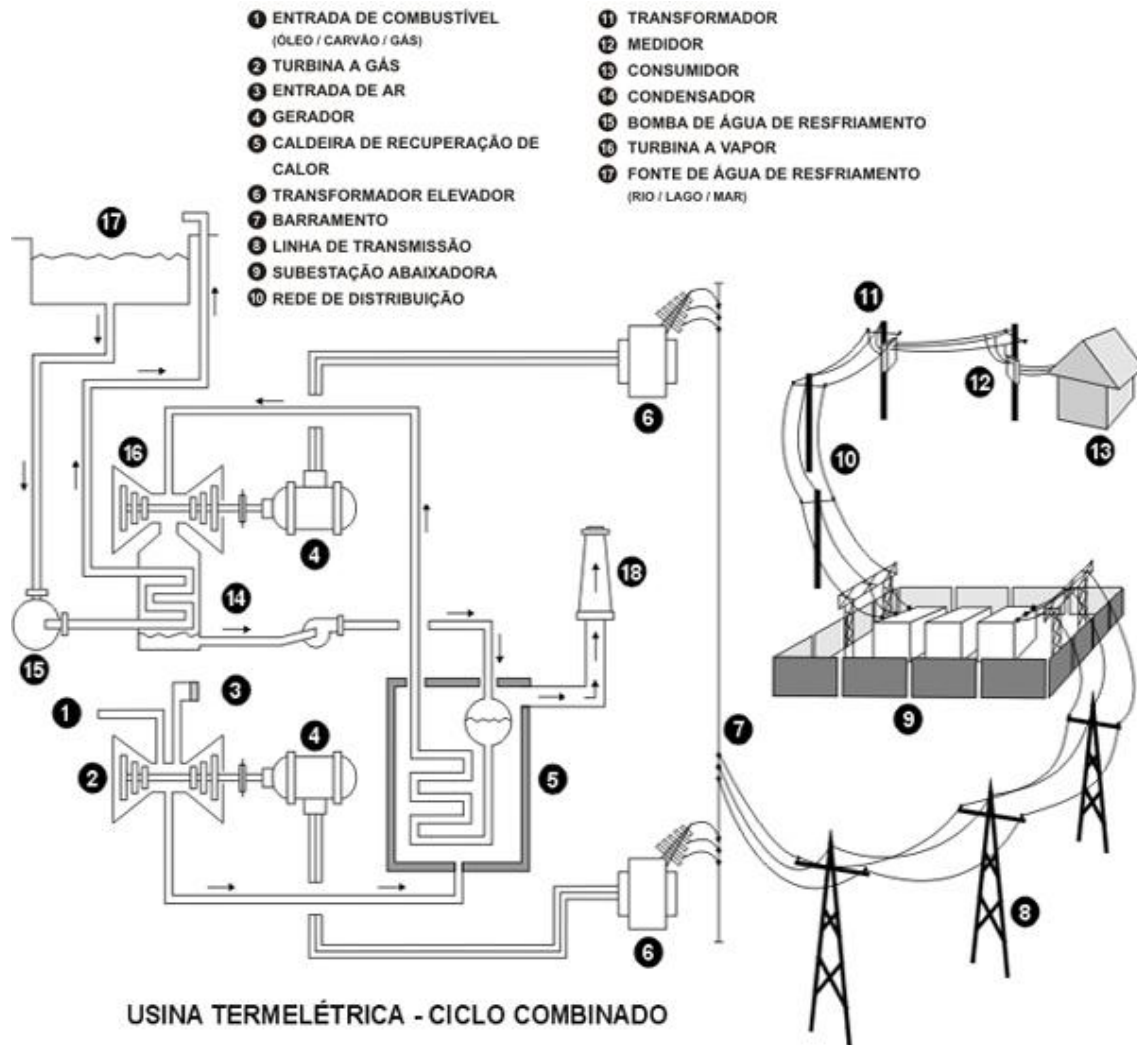


Figura 1 - Modelo ilustrativo de uma usina termelétrica

FONTE: FURNAS Centrais Elétricas S.A. disponível em [http://www.furnas.com.br/hotsites/sistemafurnas/usina\\_term\\_funciona.asp](http://www.furnas.com.br/hotsites/sistemafurnas/usina_term_funciona.asp). Acesso em 10 de novembro de 2008.

À partir do ponto número 7 da figura, não trata-se mais da geração de energia e sim da distribuição. A ANEEL não permite que uma empresa seja geradora e distribuidora de energia, além de serem competências técnicas diferentes. Neste trabalho não estudamos a distribuição.

As centrais termelétricas podem ser classificadas segundo os seguintes critérios (LORA E NASCIMENTO, 2004):

- Produto principal

- CTE de geração (eletricidade)
- CTE de cogeração (eletricidade + calor)
- Tipo de combustível
  - Líquido
  - Sólido
  - Gasoso
  - Misto
- Tipo de máquina térmica
  - Turbina a gás em ciclo simples
  - Turbina a vapor
  - Ciclo combinado
  - Motor de combustão interna
- Tipo de caldeira
  - De tubulação (circulação natural)
  - De passe único
- Potência
  - Pequena < 50 MW
  - Média 50 – 100 MW
  - Alta > 100 MW
- Caráter de carga
  - Base

- Semi-base
- Pico
- Semi-pico
- Natureza do combustível
  - Orgânico
  - Nuclear

A usina que se pensa implantar poderá ser uma central termelétrica de geração com ciclo a vapor ou uma central termelétrica de cogeração. A primeira tem como máquina térmica uma turbina a vapor, com o único objetivo de produzir eletricidade. Utiliza qualquer tipo de combustível, e tem como vantagem a geração de elevadas potências unitárias. O segundo tipo é aquela na qual se faz, simultaneamente, a geração de energia elétrica e térmica a partir de um mesmo combustível, que pode ser derivado do petróleo, gás natural, carvão ou biomassa. Caracteriza-se por uma alta eficiência (LORA e NASCIMENTO, 2004). Ainda segundo esses autores:

A utilização da biomassa para geração de energia elétrica no Brasil está historicamente relacionada com o aproveitamento de resíduos ou subprodutos de processos industriais em ciclos de cogeração. Exemplos desta situação são o uso de bagaço na indústria sucroalcooleira e da lixívia na indústria de papel e celulose. Mais recentemente têm sido desenvolvidas centrais explorando outras possibilidades, como a casca de arroz. A valoração da biomassa nestes casos é alvo de diversos estudos e diferentes metodologias foram desenvolvidas. Assim sendo, a determinação do valor da biomassa deve ser analisada para cada situação específica, utilizando as considerações mais adequadas para cada gerador. O resultado obtido pode ser positivo, nulo ou mesmo negativo, sendo que, neste caso, passa a ser encarado como benefícios a utilização da biomassa para geração de energia, quando comparada com os custos de tratamento, disposição e dos impactos ambientais associados.

Já abordamos nesta revisão os temas: sustentabilidade; métodos de avaliação de investimentos; legislação do setor energético; a matéria-prima de combustão (casca de arroz) e seus resíduos (cinza); e o método de geração de energia (produção térmica).

O projeto respeita os critérios de sustentabilidade e está de acordo com as intenções de produzir energias renováveis. Utiliza uma fonte renovável não aproveitada em outros setores na sua totalidade e gera energia. É importante ressaltar que o setor energético é regulado pela ANEEL, sendo um dos fiscalizados e restritivos quanto à possibilidade de criação e mudança. Todos os projetos e mudanças devem ser aprovados pela ANEEL e pelas entidades ambientais fiscalizadoras (no Rio Grande do Sul, a FEPAM).

### 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para o melhor entendimento do estudo, faz-se necessário destacar o método, a característica e a abordagem adotada na pesquisa.

Pode-se definir o método como o caminho para se chegar a determinado fim. E método científico como um conjunto de procedimentos intelectuais e técnicos adotados para atingir esse conhecimento (GIL, 2007).

A interpretação dos fenômenos e a atribuição de significados são básicas no processo de pesquisa qualitativa e, não requer o uso de métodos e técnicas estatísticas. O ambiente natural é a fonte direta para coleta de dados e o pesquisador é o instrumento-chave. Os pesquisadores tendem a analisar seus dados indutivamente. O processo e seu significado são os focos principais de abordagem (SILVA, 2001).

A natureza da pesquisa é exploratória e descritiva, pois, através do emprego do raciocínio lógico, a ser aplicado aos dados analisados, pode-se conhecer melhor o objeto de estudo. Segundo GIL, a pesquisa exploratória é menos rígida no planejamento e são desenvolvidas com o objetivo de proporcionar visão geral, de tipo aproximativo, acerca de determinado fato. Será utilizado na identificação de custos de instalação e operação, às fontes de receita e aos fatores legais.

A pesquisa não busca exaurir o tema, ou mapear as usinas em funcionamento no Rio Grande do Sul ou Brasil, adotando uma análise qualitativa dos dados. Segundo GIL (2007), a entrevista é seguramente a mais flexível de todas as técnicas de coleta de dados de que dispõe as ciências sociais. As entrevistas com os profissionais do ramo de energia (PTZ e engenheiro Carlos Bragante) foram entrevistas informais, que segundo GIL (2007), é menos estruturado possível e só distingue da simples conversação porque tem objetivo básico a coleta de dados. GIL (2007) ainda explica, que se recorre a entrevistas informais com informantes-chaves, que podem ser



especialistas no tema em estudo. Além da pesquisa bibliográfica, foram utilizadas entrevistas pessoais como fonte alternativa de dados. Os dados relevantes foram anotados pelo pesquisador para uso posterior.

Os dados de custo de implantação e operação da Usina Termelétrica foram obtidos junto à empresa PTZ, através de orçamento simplificado (Anexo A). As tarifas pagas no mercado de energia foram obtidas através de pesquisa ao site da ANEEL e com o auxílio do engenheiro elétrico Carlos Bragante, que sugeriu pesquisas ao PROINFA (Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica). O engenheiro elétrico também deu suporte quanto à fórmula de cálculo (potência gerada x potência produzida no ano x preço da energia = receita).

O fluxo de caixa e os demais métodos de análise foram elaborados com a ajuda do *software* Microsoft Excel e do referencial teórico relativo a métodos de análise financeira.

### **Objetivos específicos versus abordagem metodológica**

- a) Verificar os custos incorridos na instalação da usina e seu custo operacional – utilização de livros técnicos e entrevista com profissional que atua em empresa semelhante;
- b) Verificar os valores pagos nos mercados de energia – consulta aos editais de venda de energia no mercado e notícias em periódicos e entrevista profissional do ramo;
- c) Determinar o fluxo de caixa da empresa durante o período de 10 anos – após a coleta dos dados brutos de custos e preços, criar uma planilha que sirva de suporte para projeções de fluxo de caixa;

- d) Verificar os fatores que afetam o negócio: legislação do setor energético e ambiental – pesquisa exploratória bibliográfica, em livros, legislação e jurisprudência de tribunais superiores e regionais;
- e) Sugerir aproveitamento das cinzas – pesquisa bibliográfica em livros e artigos relacionados ao aproveitamento de matérias agrícolas e com a construção civil;

## REFERÊNCIAS

AZAMBUJA, I. H. V.; VERNETTI JÚNIOR, F. J.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. M. **Aspectos socioeconômicos da produção do arroz**. IRGA, 2004.

BRASIL. ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Disponível em <http://www.aneel.gov.br/>. Acesso em 14 de Abril de 2009.

CAMIL S.A. <http://www.camil.com.br/>. Acesso em 05 de Janeiro de 2009.

Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento. **Relatório Brundtland** (1987).

DA LUZ, D. C. S.; SCATENA, H. JR . **Estudo eletroquímico da corrosão do concreto armado confeccionado com sílica tratada**. Associação Brasileira de Química. Disponível em <http://www.abq.org.br/cbq/2007/trabalhos/3/3-222-404.htm>.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). <http://embrapa.br/> Acesso em 23 de abril de 2009.

FURNAS Centrais Elétricas S.A. <http://www.furnas.com.br/>. Acesso em 10 de maio de 2009.

GALESNE, Alain; FENSTERSEIFER, Jaime; LAMB, Roberto. **Decisões de investimentos da empresa**. São Paulo: Atlas, 1999.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5 ed. São Paulo: Atlas, 2007.

GITMAN, Lawrence. **Princípios de Administração Financeira**. 7.ed. São Paulo: Harbra, 1997.

INSTITUTO RIO GRANDENSE DO ARROZ (IRGA). <http://www.irga.rs.gov.br/> acesso em 5 de abril de 2009.

KULCSAR NETO, Francisco. **Sílica manual do trabalhador**. São Paulo: FUNDACENTRO, 1995.

LORA, Electo Eduardo Silva; NASCIMENTO, Marco Antônio Rosa do. **Geração Termelétrica: planejamento, projeto e operação**. Interciência, Rio de Janeiro, 2004. 2 volumes.

METHA, P. Kumar; MONTEIRO, Paulo J. M. **Concreto** – Estrutura, Propriedades e Materiais. Ed. Pini. São Paulo, 1994.

NOGUERIA, L.A.H.; LORA, E.E.S. **Dendroenergia**: fundamentos e aplicações. Interciência, Rio de Janeiro, 2003.

POUEY, MARIA TEREZA FERNANDES. **Beneficiamento da cinza da casca de arroz residual com vistas à produção de cimento composto e/ou pozolânico**. Tese (doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Porto Alegre-RS, 2006.

PTZ BIOENERGY LTDA. <http://www.ptz.com.br/> acesso em 05 de dezembro de 2008.

PRUDÊNCIO JÚNIOR, L. R.; SANTOS, S. E DAFICO, D. A. **Cinzas da casca de arroz**. Coletânea Habitare: Utilização de resíduos na construção civil. Editora Programa de Tecnologia de Habitação, vol.4, p. 242-246, Porto Alegre/RS, 2003.

Rathmann, Régis; SILVA, T. N. ; Azevedo, Denise Barros de ; Dutra, Alberto da Silva ; Elias, Sandro Al-Alam . **Análise da armazenagem do arroz em propriedades agrícolas selecionadas do Rio Grande do Sul**. Informações Econômicas. Instituto de Economia Agrícola, v. 1, 2007.

ROSS, Stephen; WESTERFIELD, Randolph; JAFFE, Jeffrey. **Administração Financeira**: Corporate Finance. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

SECURATO, José Roberto. **Cálculo financeiro das tesourarias** : bancos e empresas. 3. ed. São Paulo: Saint-Paul, 2006.

SILVA, Christian Luiz da (org.). **Desenvolvimento sustentável** – Um modelo analítico, integrado e adaptativo. Vozes, Petrópolis, 2006.

SILVA, Edna Lúcia da. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 3. ed. Florianópolis: Laboratório de Ensino a Distância UFSC, 2001.

SILVA, T. N. ; PADILHA, Ana Cláudia Machado ; SAMPAIO, Altemir . **Desafios de adequação à questão ambiental no abate de frangos**: o caso da perdigão agroindustrial - Unidade Industrial de Serafina Corrêa - RS. Teoria e Evidência Econômica, Passo Fundo - RS, v. 14, p. 109-125, 2006.

VALLE, Cyro do. **Qualidade Ambiental**: o desafio de ser competitivo protegendo o meio ambiente. São Paulo: Pioneira, 1995.

VISCONTE, L. L. Y. **Rejeitos agrícolas em composições poliméricas:** cinzas da casca de arroz. Acesso: <http://www.ima.ufrj.br> em 12 de outubro de 2008.

ZDANOWICZ, José Eduardo. **Fluxo de Caixa:** uma decisão de planejamento e controle financeiro. 10 ed. Porto Alegre: Sagra Luzzatto, 2004.

ZUCCO, Loris L.; BERALDO, Antonio L.. **Efeito da adição de cinza da casca de arroz em misturas cimento-casca de arroz.** Eng. Agríc., Jaboticabal, v. 28, n. 2, Junho 2008. Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-69162008000200002&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162008000200002&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em 10 Maio de 2009.

WESTON, J. F. & BRIGHAM, E. F. **Fundamentos da Administração Financeira.** São Paulo: Makron Books, 2000.