

# **20º PRÊMIO FIESP DE MÉRITO AMBIENTAL**

## **BIOGÁS COMO ENERGIA ALTERNATIVA NO PROCESSO AGROINDUSTRIAL**

**Amidoeste Ltda.**

**Amidos do Oeste Paulista Agroindustrial Ltda.**

**Elaborado por:**

**Renata Moleiro Fadel**

**SÃO PAULO**

**2014**

## Sumário

1.	Foco no projeto _____	2
2.	A Empresa – Amidoeste Ltda _____	4
3.	O Processo de beneficiamento da mandioca _____	7
3.1	Fluxo do processo da mandioca _____	7
3.2	Tecnologia de processamento _____	7
3.3	Resíduos _____	9
4.	O Biogás _____	11
5.	Resultados obtidos na Amidoeste Ltda. _____	14
5.1	Custo de implantação _____	14
5.2	Volume de água reciclado _____	14
5.3	Redução de consumo de lenha _____	14
6.	Melhorias futuras _____	15

## 1. Foco no projeto

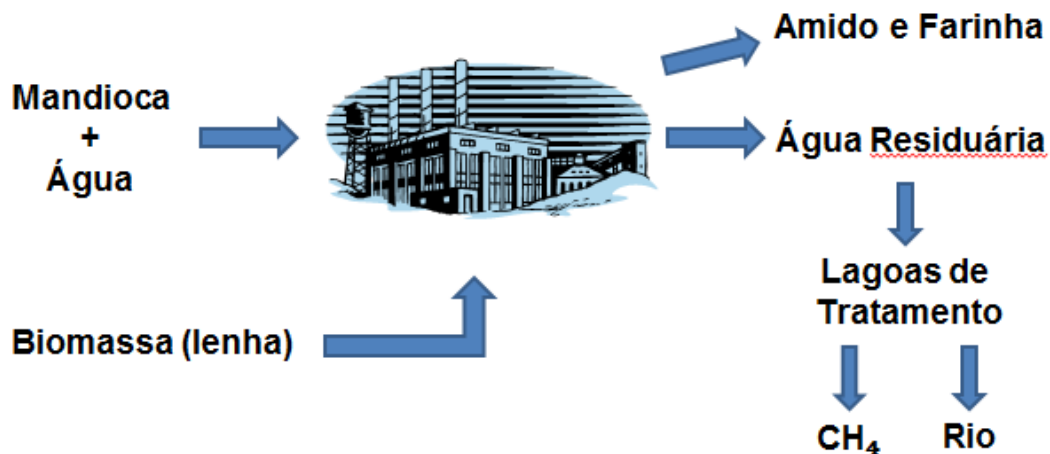
O presente projeto tem como objetivo mostrar o processo de produção de biogás em uma agroindústria de produção de derivados de mandioca. A importância do biogás para esse processo é fundamental para o desempenho financeiro do negócio com relação à economia de energia, que atualmente é gerada através da queima de biomassa - lenha.

Além da economia no processo industrial, a produção do biogás considera os aspectos de redução dos impactos ambientais através da emissão do gás metano ( $\text{CH}_4$ ) para o meio ambiente, que é originado do processo de fermentação de resíduos orgânicos na água residual do processo. Também considera a reciclagem da água utilizada em todo o processo fabril, uma vez que no processo de produção de biogás há a redução de DBO (Demanda Biológica de Oxigênio), tornando a água possível de ser reaproveitada, além de reduzir o impacto no meio ambiente, tanto para as águas superficiais quanto para as águas subterrâneas.

No esquema abaixo é possível ver os processos antes e depois da aplicação do biogás no processo fabril e seus ciclos.

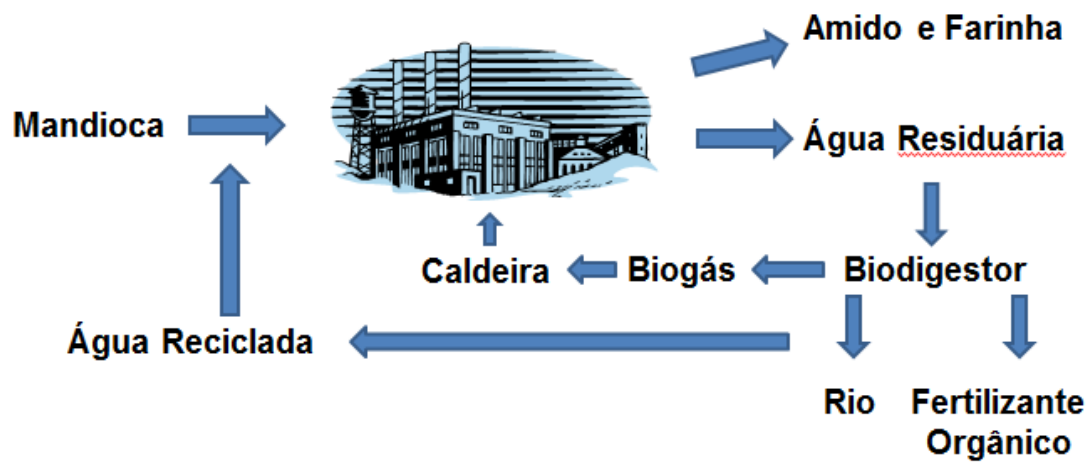
Tais considerações serão esplanadas em mais detalhes nos tópicos seguintes.

### ANTES



Obs.: Neste caso o  $\text{CH}_4$  é liberado na atmosfera.

## DEPOIS



Obs.: O líquido residual após passar pelo biodigestor pode ser usado como um biofertilizante ou então ser bombeado ao tratamento final de água e depois enviado para o rio em conformidade com a legislação ambiental.

## 2. A Empresa – Amidoeste Ltda

A Amidoeste Ltda - Amidos do Oeste Paulista Agroindustrial Ltda – está localizada na Rodovia Via de Acesso à SP 425 S/N, no município de Tarabai, São Paulo. Foi fundada em 2001 por uma associação de empresários que tinham como foco o desenvolvimento da indústria da mandioca na região Oeste Paulista. Visavam à sustentabilidade principalmente para os pequenos produtores de mandioca e uma nova perspectiva econômica para os assentados da região, potencializando assim o mercado farinheiro.

Figura 1 - Localização da Amidoeste Ltda.

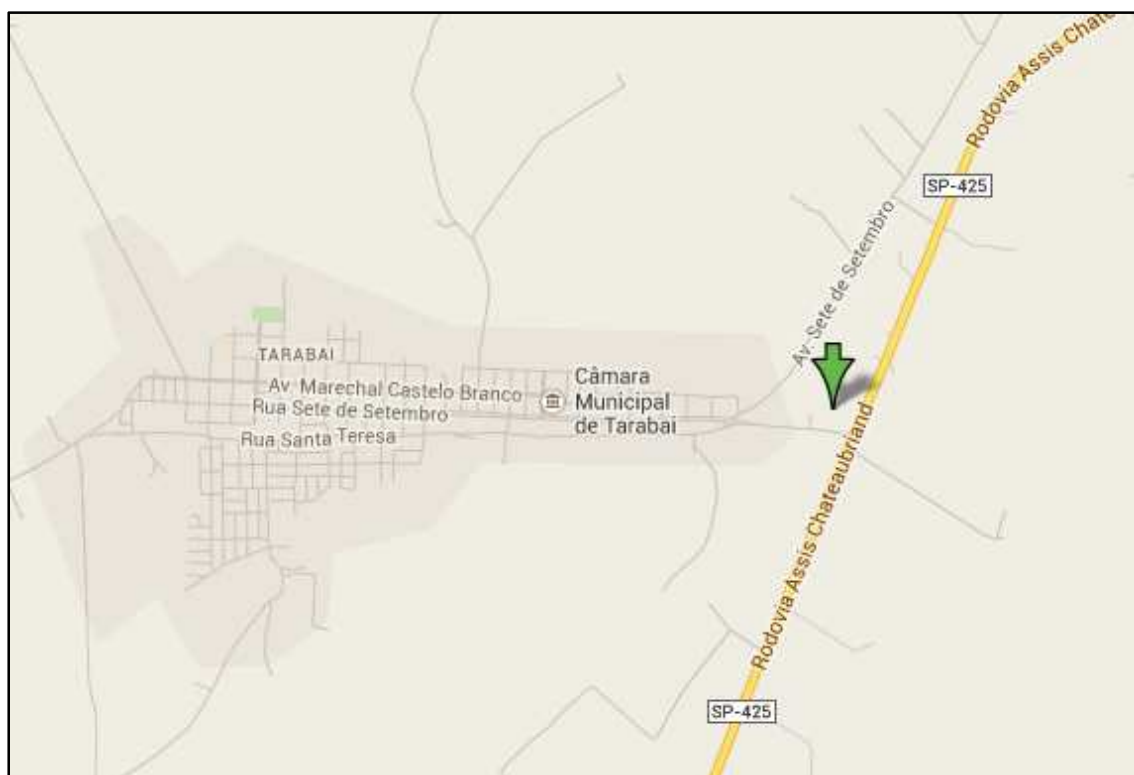


Figura 2 - Vista aérea da Amidoeste Ltda – Fonte Google Earth.



Introduzida no ramo agroindustrial, utiliza como matéria-prima a mandioca para produção de amido e farelo. A indústria produz amido natural para aplicação em diversos segmentos alimentícios, tais como: embutidos, doces entre outros; além de amidos modificados, que tem como foco a indústria papelreira na produção de papel ondulado e indústria têxtil.

A indústria está localizada em uma área de 100.000 m<sup>2</sup>, localização privilegiada no entorno da Rodovia SP 425 com a Rodovia de acesso a cidade de Tarabai. Conta com uma área bastante significativa para produção de mandioca, abrangendo as regiões de Tarabai, Pirapozinho, Presidente Prudente, Sandovalina e Narandiba, entre outras. Tal região possui a cultura de produção agrícola da mandioca há muitos anos, tornando-se uma região de grande potencial do estado de São Paulo.

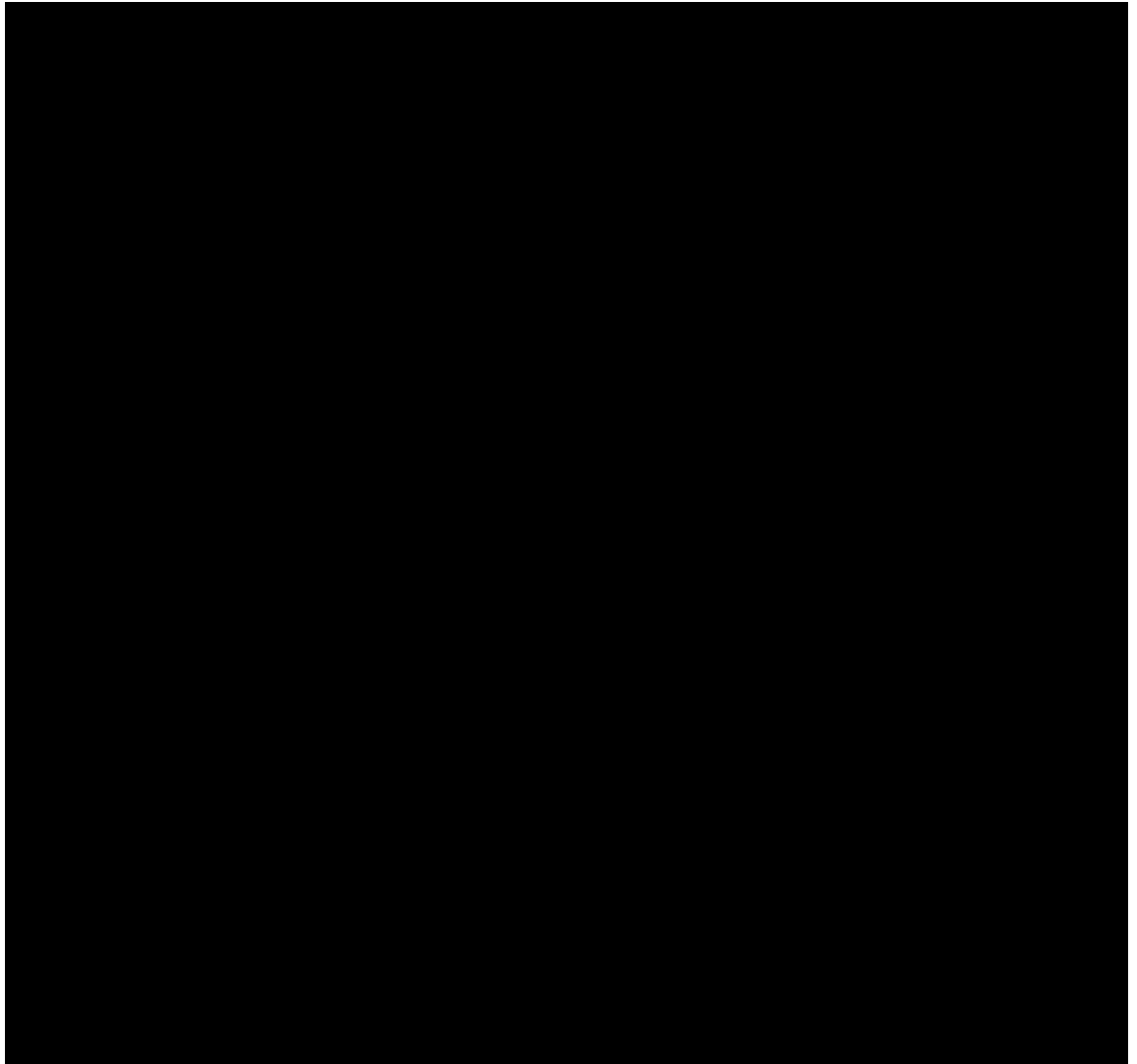
Possui atualmente um parque industrial de 12.200 m<sup>2</sup>, onde está instalada toda a parte fabril, onde estão os equipamentos de recepção, estocagem, moagem, purificação do produto, bem como área de estocagem do produto acabado, área de administração, área de manutenção, e as lagoas de tratamento de efluentes.

A capacidade instalada atinge a moagem de 180 toneladas de mandioca por dia, operando durante a média de 280 dias no ano, onde o volume de moagem anual atinge a marca de mais de 50 mil toneladas.

A empresa conta com um grupo de 25 colaboradores diretamente envolvidos no processo industrial e na linha de produção, manutenção e controle ambiental, empregos indiretos no campo para produção de mandioca e mais de 1800 pessoas envolvidas no processo de plantio, tratos, colheita e transporte.

### **3. O Processo de beneficiamento da mandioca**

#### **3.1 Fluxo do processo da mandioca**



#### **3.2 Tecnologia de processamento**

Descrição do método úmido de processamento do amido de mandioca:

##### **Descamação seca**

Primeiramente, todos os talos devem ser removidos da mandioca e este é o melhor feito durante a colheita. Grandes raízes são divididas ao meio com o propósito de evitar a compressão no fluxo de transporte através da fase de lavagem. Fornecimento de matérias primas ruins devem ser rejeitadas. Sujeira solta, areia e cascalho são removidos em uma tela com barra giratória anteriormente à fase de lavagem. O lavador entrega as raízes de mandioca



em um elevador que alimenta a barra da tela. Da barra da tela a mandioca entra em um separador de pedra.

### **Lavagem da mandioca**

As raízes de mandioca são transportadas para um lavador onde é extraída a terra e a casca. Após a lavagem, as mandiocas limpas são elevadas por um transportador onde é feita a inspeção para a retirada de impurezas (ramas de mandioca que veem junto com as raízes).

### **Moagem**

Moagem pelo moinho de martelo é a primeira fase da extração do amido. O objetivo é abrir todas as células da mandioca e liberar os grânulos de amido. A moagem é uma operação de dois passos. As raízes lavadas, descascadas, cortadas são levadas para dentro do moinho de martelo por uma correia transportadora. O moinho é do tipo de alta velocidade ideal para moagem. A moagem (raízes desintegradas) é coletada em um poço abaixo do moinho de martelo (desintegrador) e bombeada com uma bomba centrífuga de eixo vertical especial com dispositivo de desaeração para os extratores.

### **Extração**

Os grânulos de amido da moagem (raízes desintegradas) são extraídos de uma série de telas rotativas em um processo de contra corrente. As fibras brutas lavadas são descarregadas por bombas de construção especial para a seção de concentração. As telas extratoras são equipadas com placas perfuradas de alta qualidade em aço inoxidável resistente à químicos CIP. A placa perfurada tem perfurações alongadas de apenas 125 microns de diâmetro. As fibras lavadas (polpa) são desidratadas na tela de polpa em aproximadamente 12% de substância seca (d.s.).

### **Refinação e Concentração**

O amido em forma de leite vindo da unidade de extração é concentrado e lavado em uma centrífuga de bicos com o objetivo de remover a água vegetal natural da mandioca e aumentar o teor de substância seca. A água vegetal separada deixa a fábrica como um subproduto. A melhor maneira de eliminar a água vegetal é usá-la para a lavagem da mandioca e como fertilizante no Núcleo Farm. Ou drenagem para oxidação natural da lagoa.

## **Desidratação, Secagem e Resfriamento**

O amido em forma de leite purificado é desidratado em uma centrífuga de bico e bombeado para um tanque e depois para uma centrífuga desaguadora (Piller) para desidratação e a torta de amido úmido é alimentada diretamente dentro de uma corrente de ar quente no flash dryer. O amido seco é separado do ar quente e resfriado pelo transporte na corrente de ar. A umidade do amido após a secagem e resfriamento é no máximo 14% - pronto para peneirar e embalar.

## **Peneiração e embalagem**

O amido seco é pesado antes do enchimento de sacos de 25 kg bags e/ou em 800 kg big bags.

### **3.3 Resíduos**

O processamento da mandioca gera resíduo como as partes lenhosas e deterioradas das raízes, a crueira (fragmentos da mandioca ralada que não passam pelas malhas da peneira), bagaços, resíduos líquidos da água de lavagem das raízes e manipueira. Essa última se destaca por ser a mais problemática, tendo elevada concentração de poluentes de efeitos tóxicos. Manipueira é a água resultante da prensagem da massa ralada ou a água resultante da extração do amido.

O resíduo líquido apresenta elevada Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), o que pode provocar grandes impactos ambientais. Sendo assim, a Amidoeste Ltda possui um sistema de tratamento biológico para o efluente líquido gerado; as lagoas de estabilização.

A manipueira é responsável por cerca de 90% da carga poluidora da indústria, pois apresenta elevados DBO, pH ácido e sólidos totais, influenciados pelas características das raízes de mandioca, que variam de acordo com o tipo de solo e condições climáticas. Essas características tornam o processo de tratamento biológico aeróbico caro para empresas de pequeno porte. A digestão anaeróbica se torna uma opção viável para o tratamento.

O tratamento anaeróbico da manipueira, além de reduzir a carga orgânica, também produz o biogás, que pode ser utilizado como recurso energético no próprio processo industrial. Também reduz o custo de produção de amido de mandioca, pois há menor utilização de energia elétrica ou lenha para o aquecimento de caldeiras.

A preocupação com o meio ambiente está cada vez mais presente na sociedade, o que estimula o desenvolvimento de iniciativas que visam alcançar uma economia ambientalmente mais amigável.

Sendo assim, a Amidoeste Ltda, busca uma produção com menor impacto ambiental, e com o uso do biogás há a eliminação de 100% do uso de biomassa (lenha), o que pode ajudar a evitar o desmatamento para plantação de eucaliptos; elimina também a emissão do gás metano, diminuindo o potencial de poluição do meio ambiente.

#### 4. O Biogás

Biogás é a mistura de gases produzidos pela conversão microbiológica anaeróbica de resíduos agroindustriais. No tratamento aeróbio, a decomposição da matéria orgânica ocorre na presença de oxigênio, produzindo o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), enquanto o tratamento anaeróbio (biodigestão) ocorre na ausência de oxigênio e a maior parte (cerca de 50 a 90%) do substrato é convertida em gás metano ( $\text{CH}_4$ ).

Foi descoberto por Shirley, em 1667. No entanto, apenas um século mais tarde que Volta reconheceu a presença de metano no gás dos pântanos. No século XIX, UlysseGayon, aluno de Louis Pasteur, realizou a fermentação anaeróbia de uma mistura de estrume e água, a  $35^\circ\text{C}$ , conseguindo obter 100 litros de gás por  $\text{m}^3$  de matéria. Em 1884, Louis Pasteur, ao apresentar à Academia das Ciências os trabalhos do seu aluno, considerou que esta fermentação podia constituir uma fonte de energia para aquecimento e iluminação, devido a presença de metano, o hidrocarboneto de menor cadeia (um átomo de carbono), principal componente do gás natural e de elevado poder calorífico.

Atualmente, esse processo vem se difundindo como uma forma de tratamento de resíduos por vários países. O biogás possui características altamente inflamáveis devido a forte presença de  $\text{CH}_4$  e por isso traz a potencialidade de, ao entrar em combustão, gerar calor que pode ser utilizado como combustível.

O aproveitamento energético é benéfico para a economia da empresa e, em adição, traz benefícios também ao meio ambiente, uma vez que ao se queimar o  $\text{CH}_4$  mitigam-se os impactos ambientais em relação às emissões atmosféricas. Isso porque o  $\text{CH}_4$  é 21 vezes mais poluente que o  $\text{CO}$  para os efeitos de aquecimento global. A economia de consumo de lenha também traz benefícios ambientais, como o de conservação de recursos e menores emissões atmosféricas, principalmente em relação ao material particulado.

Para a captação do biogás, são instaladas coberturas sobre as lagoas de tratamento, chamados biodigestores. Essas coberturas são geomembranas de polietileno de alta densidade (PEAD). Com esse sistema é possível se canalizar o biogás para possibilitar seu aproveitamento energético.

**Figura 3 - Lagoa antes da instalação da geomembrana.**



**Figura 4 - Lagoa já com a geomembrana.**



**Figura 5 - Biodigestor cheio de gás metano.**



**Figura 6 - Equipamento responsável pelo lançamento diário das bactérias anaeróbicas no sistema do biodigestor.**



Equivalência energética entre o biogás e outras fontes de energia:

Fonte de energia	Biogás (m³)
Gasolina (L)	0,61
Querosene (L)	0,57
Óleo Diesel (L)	0,55
Gás de Cozinha (kg)	1,43
Lenha (kg)	3,5
Álcool Hidratado (L)	0,80
Carvão Mineral (kg)	0,74

Na ausência de oxigênio ou de agentes oxidantes fortes como o sulfato, nitrato e enxofre, a degradação anaeróbia da matéria orgânica até a formação de metano, envolve três etapas: hidrólise e fermentação, acetogênese e metanogênese.

Na fase da hidrólise e fermentação, a matéria orgânica complexa como polícarboidratos, proteínas e lipídeos é hidrolisada e fermentada por bactérias hidrolíticas fermentativas a compostos orgânicos simples como aminoácidos, açúcares, ácidos graxos e álcoois.

Na acetogênese, os produtos metabólicos do primeiro grupo são então convertidos a acetado e hidrogênio pelas bactérias acetogênicas sintotróficas associadas às bactérias utilizadoras de hidrogênio.

Na metanogênese, bactérias metanogênicas convertem acetato, formiato, hidrogênio, etc., a metano e dióxido de carbono.

O passo limitante, do processo é a metanogênese, pois as bactérias responsáveis, por essa etapa são as mais lentas e mais sensíveis às variações do meio. O bom desempenho do processo depende da manutenção do equilíbrio entre as populações microbianas envolvidas.

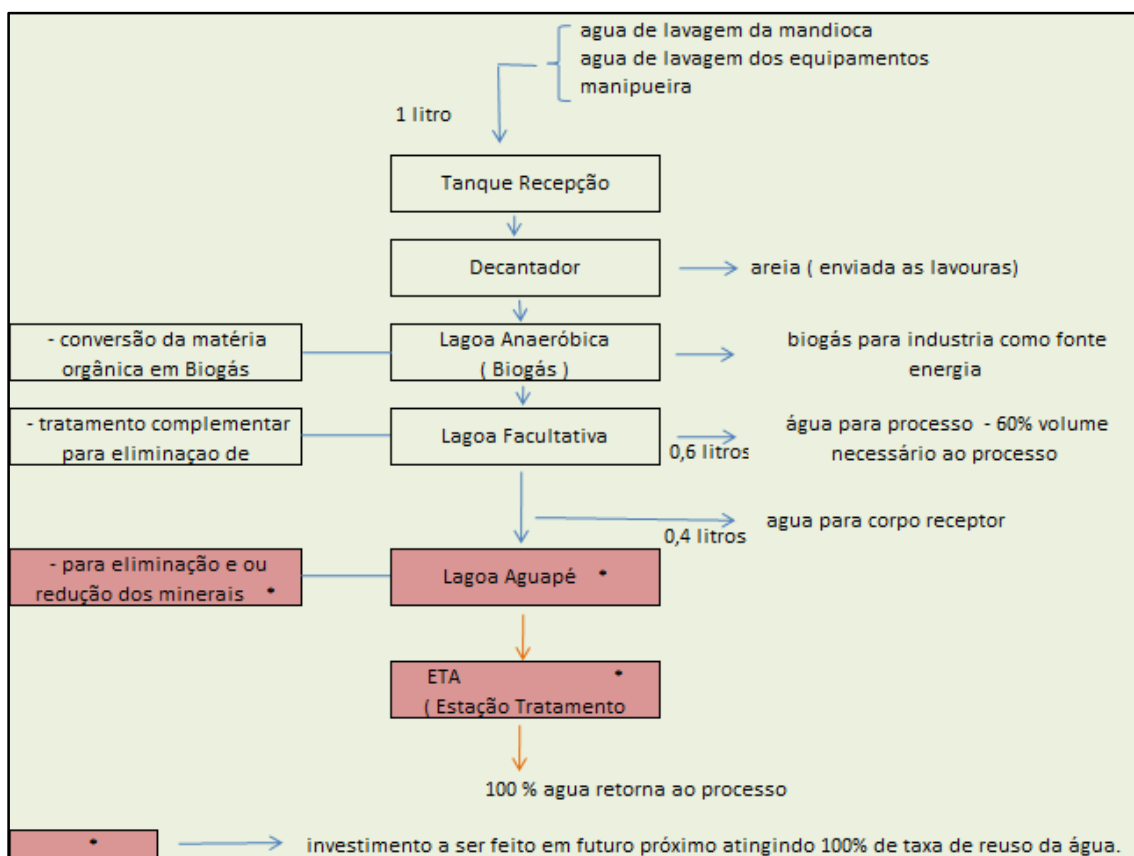
## 5. Resultados obtidos na Amidoeste Ltda.

### 5.1 Custo de implantação

Para a primeira fase do projeto, referente a implantação do biodigestor na primeira lagoa, foi investido R\$ 250.000,00.

Na compra dos três queimadores para as melhorias futuras e potencialização do uso do biogás no processo fabril, foi investido R\$ 95.000,00.

### 5.2 Volume de água reciclado



### 5.3 Redução de consumo de lenha

Antes da substituição da biomassa pelo biogás como fonte de energia, eram utilizados de 12 a 14 m<sup>3</sup> de lenha por turno trabalhado, totalizando aproximadamente 30 m<sup>3</sup> dia. Com a utilização da fonte alternativa, obtivemos uma redução mínima por volta de 75% do consumo de lenha por dia.

## 6. Melhorias futuras

A Empresa está investindo em queimadores de controle eletrônico que otimizarão o uso do biogás através da sua queima completa. Espera-se que após a introdução dessa nova tecnologia ela tenha um ganho na ordem de 35% de eficiência energética, tornando o biogás muito mais eficiente.

O queimador é o equipamento encarregado de processar a queima do combustível (gás) numa fornalha ou câmara de combustão.

As principais funções de um queimador são:

- Promover uma boa mistura ar combustível de tal forma que a chama seja estável e bem conformada.
- Dosar o combustível e o ar em proporções que estejam dentro dos limites de flamabilidade para ignição e uma queima estável.
- Garantir que não haverá retorno de chama nem descolamento.
- Permitir que o combustível e o oxidante fiquem em contato o tempo suficiente para ocorrer e completar a reação de combustão.



Desta maneira, utilizando-se um bom sistema de queima do biogás, sem desperdícios, é possível ter um balanço energético quase completo e sustentável.

No processo produtivo da Amidoeste os queimadores serão instalados nos vários pontos de fornecimento de energia, em substituição a fontes atualmente usadas. Desta maneira serão instalados nos fornos de fabricação do farelo de fibra da mandioca. Esses fornos são comumente chamados de “forno baiano”, descritos como grandes tachos de seis metros de diâmetro, os quais são aquecidos pela chama diretamente sob uma chapa de aço transmitindo calor para a fibra através da evaporação da água contida nela, torrando a farinha.

Outro ponto de uso dos queimadores será no aquecimento direto do ar que impulsiona o amido de mandioca úmido através de dutos. Durante este deslocamento, o amido misturado ao ar quente acaba por perder a água sob o efeito da evaporação e seca, recolhido por ciclones e estocado em tanques de armazenamento. Neste processo a transmissão de calor



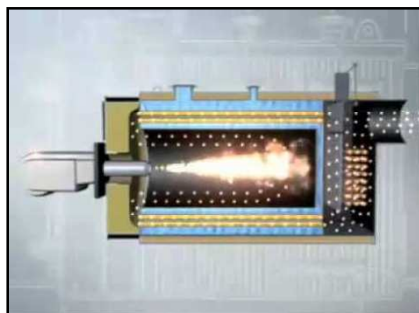
ocorre primeiramente através do aquecimento do ar e depois transfere o calor através da convecção para o pó de amido.

Já o terceiro ponto de uso do queimador será na caldeira de produção de vapor, onde os queimadores serão instalados na câmara de queima da biomassa. O calor será transmitido pela água que passa por dentro dos tubos, produzindo assim o vapor que é usado no processo.

**Figura 7 - Caldeira**



**Figura 8 - Ilustração do queimador na câmara da caldeira.**



Portanto, devo acrescentar que, apesar da já existência do biogás em outros segmentos industriais, no setor mandioqueiro do Brasil ele é inovador e com certeza trará todos os benefícios já citados anteriormente.

**Realização:****Renata Moleiro Fadel**

Bióloga e Consultora Ambiental

Sócia/Proprietária na empresa Halotek Tecnologia e Consultoria Empresarial Ltda.  
Mestranda ESCAS/IPÊ em Conservação da Biodiversidade e  
Desenvolvimento Sustentável.

**Apoio:****Antonio Donizetti Fadel**

Sócio/Proprietário na Empresa Halotek Tecnologia e Consultoria Empresarial Ltda.

**Sebastião Sílvia Panobianco**

Engenheiro Químico na Empresa Halotek Tecnologia e Consultoria Empresarial Ltda.

**Bruno Cesar Fadel**

Gerente Geral da Amidoeste Ltda.

**Susan M. Fadel**

Financeira da Amidoeste Ltda.

Declaramos, para os devidos fins, que:

- I) Estamos cientes e de acordo com as condições do Regulamento do Prêmio Fiesp de Mérito Ambiental;
- II) A empresa está cumprindo com as exigências, padrões e legislações ambientais vigentes.