

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE A REDAÇÃO FINAL DA
TESE DEFENDIDA POR Sergio Akira Sato

..... E APROVADA
PELA COMISSÃO JULGADORA EM 27/02/2012

.....
ORIENTADOR

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA**

Sergio Akira Sato

**Um modelo para aumento de produtividade no
setor sucroalcooleiro baseado em gestão do
conhecimento**

Campinas, 2012

Sergio Akira Sato

Um modelo para aumento de produtividade no setor sucroalcooleiro baseado em gestão do conhecimento

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado da Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual de Campinas, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica.

Área de Concentração: Materiais e Processos de Fabricação

Orientador: Prof. Dr. Carlos Kenichi Suzuki

Campinas
2012

FICHACATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECADA ÁREA DE ENGENHARIA E ARQUITETURA - BAE - UNICAMP

Sa83m	<p>Sato, Sergio Akira Um modelo para aumento de produtividade no setor sucroalcooleiro baseado em gestão do conhecimento. / Sergio Akira Sato. --Campinas, SP: [s.n.], 2012.</p> <p>Orientador: Carlos Kenichi Suzuki. Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica.</p> <p>1. Gestão do conhecimento. 2. Bioetanol. 3. Inovação tecnológica. 4. Sistemas de gestão. 5. Agricultura de precisão. I. Suzuki, Carlos Kenichi. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Mecânica. III. Título.</p>
-------	--

Título em Inglês: A model to increase productivity on sugar-alcohol sector based on knowledge management.

Palavras-chave em Inglês: Knowledge management, Bioethanol, Technological innovation, Management systems, Precision agriculture

Área de concentração: Materiais e Processos de Fabricação

Titulação: Mestre em Engenharia Mecânica

Banca examinadora: Paulo Sérgio Graziano Magalhães, Oswaldo Luiz Agostinho

Data da defesa: 27-02-2012

Programa de Pós Graduação: Engenharia Mecânica

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA**

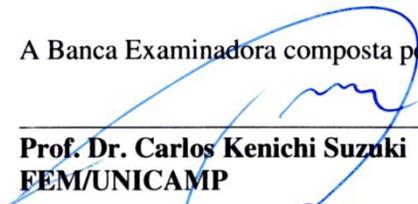
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO ACADÊMICO

**Um modelo para aumento de produtividade no
setor sucroalcooleiro baseado em gestão do
conhecimento**

Autor: **Sergio Akira Sato**

Orientador: **Carlos Kenichi Suzuki**

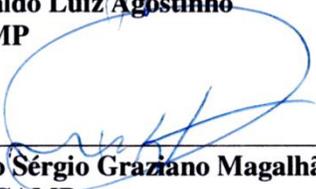
A Banca Examinadora composta pelos membros abaixo aprovou esta Dissertação:



Prof. Dr. Carlos Kenichi Suzuki
FEM/UNICAMP



Prof. Dr. Oswaldo Luiz Agostinho
FEM/UNICAMP



Prof. Dr. Paulo Sérgio Graziano Magalhães
FEAGRI/UNICAMP

Campinas, 27 de fevereiro de 2012.

Dedicatória

Dedico este trabalho às pessoas especiais e mais importantes em minha vida:
que sempre me apoiaram e acreditaram que seria possível
transpor as dificuldades do cérebro durante minhas crises:

Em primeiro lugar, minha esposa, Sueli Eri Sakamoto,
pela paciência, encorajamento, apoio incondicional,
amor e às suas críticas que só me fazem melhorar a cada dia mais, e

em segundo à minha mãe, Maria Aparecida Tavares,
que sempre depositou o credo de que seria possível e que,
desde minha mais tenra infância me diz uma frase
que reverbera em minha mente nas tomadas de decisões,
“Você é quem sabe sobre o que é melhor pra você,
já é grande o suficiente.”

Agradecimentos

Este trabalho não poderia ser concluído sem a ajuda de diversas pessoas às quais aqui deixo meus sinceros agradecimentos e minha homenagem:

Ao professor Dr Carlos Kenichi Suzuki que me selecionou sem compromisso e sem o qual não seria possível a conclusão deste trabalho.

Ao colega Dr. Eduardo Ono, que me suportou e me elucidou nas dificuldades durante o dia e remotamente nas madrugadas na reta final desta jornada.

Aos professores Dr. Paulo Sérgio Graziano Magalhães que me elucidou sobre agricultura de precisão na disciplina e suas críticas que me permitem melhorar sempre e Dr Oswaldo Luiz Agostinho pela sua visão e métodos sobre inovação.

Ao meu especial colega Dr. Tadao Ando Jr., que um dia foi meu aprendiz e que em outro foi quem me encorajou a retornar ao mundo acadêmico e percorrer este caminho do conhecimento.

Ao Prof. Dr. Antonio Carlos Moretti, que me recebeu e me orientou sobre as pedras que deveria pisar nos momentos em que me encontrei incapaz de continuar.

A todos os professores que compartilharam seu conhecimento através das janelas de suas visões no ímpeto de cumprir o papel de iluminar nossas mentes.

Ao amigo Luiz Eduardo de Joanópolis, que me presenteou na adolescência com livro “A META” e mudou minha visão sobre sistemas industriais e o conhecimento.

À equipe da CPG da FEM que sempre me auxiliou e a todos os colegas, amigos pessoais e de disciplina que puderam direta e indiretamente acrescentar valores e ampliar o conhecimento que como pessoas nos projetam para o futuro.

Cogito ergo sum
René Descartes (1614)

Resumo

O objetivo deste trabalho tem como propósito principal o de analisar o modelo de gestão atual do setor sucroalcooleiro do bioetanol e desenvolver um modelo prático de gestão do conhecimento com foco na troca de informações entre as áreas da agricultura, e usina de álcool na geração de bioenergia que utilizam como base uma matéria-prima com alto índice de sustentabilidade econômica e que oferece o menor impacto ambiental, a cana-de-açúcar.

Foi desenvolvido um **Modelo** com foco em gestão de conhecimento alimentado por dados coletados com tecnologia embarcada para agricultura de precisão com indicadores de desempenho das etapas do manejo da cana-de-açúcar incluindo dados de conhecimento tácito nos sistemas de informações, bancos de dados e mapas do conhecimento oferecendo uma visibilidade global dos processos em um modelo prático com *front-end* em software que facilitou a integração total e a comunicação rápida entre as áreas da agricultura e usina.

O processo de inovação tecnológica para agricultura de precisão foi promovido através da gestão do conhecimento e da troca de informações entre as áreas da agricultura no manejo da cana-de-açúcar e a aferição da ATR na usina para a produção de bioetanol favorecendo o *feedback* de informações dos eventos em cada processo durante todo o ciclo do processo desta produção.

O resultado obtido com os dados inferindo em mapas do conhecimento foi um aumento expressivo de informações operacionais das áreas e uma maior visibilidade com um aumento ao fomento no processo de inovação tecnológica em uma busca pela melhoria contínua favorecida pela integração das áreas do setor sucroalcooleiro baseada em uma plataforma tecnológica como a *Web* com utilização de *Intranets*, *Virtual Private Networks (VPN)* ou *Extranets* para a comunicação entre as áreas de forma instantânea, melhorando a previsão do aumento de produtividade e expectativas econômicas da produção anual.

Palavras chave: Gestão do conhecimento, bioetanol, modelo de gestão, agricultura de precisão, produtividade, inovação.

Abstract

The main goal of the present work was to analyze the current management model of the sugar-alcohol sector for bioethanol production and to develop a practical model of knowledge management with focus on the information exchange among agriculture, ethanol plant in the generation of bioenergy which use a self-sustaining raw-material that offers the high index of economic sustainability and lowest environmental impact, the sugarcane.

A Model was developed with focus on a knowledge management fed by collected data from embedded technology for the precision agriculture with performance indicators on the stages of sugarcane management including data from tacit information included on information systems, databases, and knowledge maps offering a global process and visibility in a practical model with a front-end software that facilitated the seamless integration and fast communication between agriculture and ethanol plant areas.

The process of technology innovation to precision agriculture has been promoted through the knowledge management and information exchange between the areas of sugarcane agriculture and the measurement of ATR at the bioethanol plant for the production of bioethanol favoring the feedback of information events in each process during the entire process of production.

The obtained result with the inferred data in knowledge maps was an expressive increase of the operational information of areas and a larger visibility, offering an increase in the technology innovation with a search for a continuous improvement favored by the integration of the areas of the sugar-alcohol sector based on a technological platform as the Web Browser using Intranets, Virtual Private Networks (VPN) or Extranets between areas, instantly improving the prediction of productivity increase and economic expectation of annual production.

Key words: Knowledge management, bioethanol, management model, precision agriculture, productivity, innovation.

Índice de figuras

Figura 1 - Produção Nacional de açúcar e cana-de-açúcar por safra.....	7
Figura 2 - Produção Nacional de etanol e cana-de-açúcar por safra.	7
Figura 3 - Relação Açúcar Etanol e o destino da sacarose (Fonte de Dados ÚNICA 2011).	8
Figura 4 - Moagem de cana-de-açúcar pelo Brasil, fonte: GORDINHO (2010).	9
Figura 5–Produção e exportação de etanol pelo Brasil, fonte: GORDINHO (2010).	9
Figura 6 - Produção e exportação de açúcar pelo Brasil, fonte: GORDINHO (2010).	9
Figura 7 - Produção e Consumo Doméstico de Etanol no Brasil, fonte: GORDINHO (2010).	10
Figura 8 - Exemplo dos pontos de leitura da variabilidade dos atributos.....	23
Figura 9 – Estrutura do <i>Modelo</i> utilizando AIDC, AP e Gestão do Conhecimento na captura de dados no campo e armazenamento em banco de dados de forma remota.	25
Figura 10 - Mapa do Conhecimento com exemplos de ligações e conceitos raiz e hierárquicos. .	31
Figura 11 - Espiral do conhecimento de NONAKA e TAKEUSHI (1998).	33
Figura 12 - Mapa do conhecimento não aprimorado.	34
Figura 13 - Atividades durante ciclo da cana-de-açúcar.	35
Figura 14–Estrutura de Dados em formato relacional das tabelas.	41
Figura 15- Sensoriamento Remoto - transformação da imagem em dados.	42
Figura 16 - Modelo de Gestão do Conhecimento do Bioetanol.	44
Figura 17 - Modelo de Gestão de Conhecimento e fluxo dos dados.	45
Figura 18 - Processo de Coleta de Dados.	46
Figura 19 - Mapa do conhecimento estruturado após coleta dos dados.	52
Figura 20. Interfaces em celulares Smartphones para coleta de dados de atributos dinâmicos em campo.....	54
Figura 21 - Interfaces para Coleta de dados de atributos dinâmicos em Pocket-PC.....	55
Figura 22 - Interface para captura de imagens com transmissão direta para usina.	56
Figura 23- Banco de imagens para análise sensorial.	57
Figura 24 - Definição das curvas de calibração para cada atributo identificado na imagem tratada no sensoriamento pelo Modelo.	58
Figura 25 - Indicadores de atributos totais após análise sensorial dos espectros.	59

Figura 26 - Demonstra informações das curvas de calibração da imagem em tratamento com grade de quadrantes em análise.	60
Figura 27 - Indicadores de estimativa produtividade baseada nas curvas de calibração e máxima produtividade comercial após correções indicadas pelo agricultor.	60
Figura 28- Análise de área em estudo com malha de 20 pixels para medição de produtividade com maior variabilidade.	61
Figura 29 - Indicadores de Atributos Totais da área em estudo na malha de 20 pixels.	62
Figura 30 - Indicadores de Concentração de Atributos por Quadrantes da área em estudo na malha de 20 pixels. Quadrantes [0,0][0,1][0,2][0,3].	62
Figura 31 - Exemplo de análise da ferrugem alaranjada através de sensoriamento remoto.	63
Figura 32 - Resultado da análise de controle de pragas e doenças através da imagem obtida no campo.....	64
Figura 33 - Demonstração da dependência direta na produtividade agrícola nos tamanhos dos colmos em função do índice pluviométrico.	65
Figura 34 - Dependência direta da produtividade em função da média anual do índice pluviométrico.	66
Figura 35 - Demonstração gráfica da influência da chuva na produtividade de biomassa.	67

Índice de tabelas

Tabela 1 - Índice de redução de GEE (Fonte: IEA – Agência Internacional de Energia (2010)). ..	4
Tabela 2 - Perdas nos processos de produção do etanol.	11
Tabela 3 - Média, máxima e produtividade teórica de cana-de-açúcar. (WACLAWOSKY, 2010).	16
Tabela 4 - Tipos de álcool e percentuais aditivos à gasolina.	17
Tabela 5 - Taxa de adoção da AP (Estado de São Paulo). Fonte (CIRANI e MORAES, 2010)...	22
Tabela 6 Cana-de-açúcar processadas pelas usinas	74
Tabela 7 - Produção brasileira de açúcar	75
Tabela 8 - Produção Brasileira de Etanol	76
Tabela 9 - Produção Brasileira de Açúcar e Etanol	77

Glossário

GEE – Gases do Efeito Estufa

CGEE – Centro de Gestão e Estudos Estratégicos

BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social

KM – Knowledge Management

ANP – Agência Nacional de Petróleo

GPS – Global Positioning System

SIG – Sistema Informação Gerencial

GIS – Geographic Information System

SGBD – Sistema Gerenciador de Banco de Dados

AIDC – Automatic Input Data Capture

AEHC – Álcool Etílico Hidratado Comburente

AEAC – Álcool Etílico Anidro Comburente

AP – Agricultura de Precisão

TCP/IP – Transport Control Protocol/Internet Protocol

GSM – Global System Module Communication

GPRS - General Packet Radio Service

IEA – Agência Internacional de Energia

CDMA – Code Division Multiple Access

PDA - Personal Digital Assistant

UNICA – União da Indústria de Cana-de-açúcar

MER – Modelo Entidade Relacionamento

ha – Hectares

Tc/ha – Toneladas por hectare

DOE – Department of Environment

P&D – Pesquisa e Desenvolvimento

PC – Personal Computer, Computador Pessoal

CEPAL - Comissão Econômica para a América Latina

IEA – Agência Internacional de Energia

BRIX – Unidade de medida da sacarose da cana-de-açúcar

SQL - Structured Query Language

PDCA – Plan, Do, Check, Act

Sumário

Capítulo 1	Introdução	1
1.1	História e evolução	1
1.2	Objetivos	12
Capítulo 2	Fundamentos	15
2.1	Combustível Fóssil versus Biocombustível.....	15
2.2	Cultura da cana-de-açúcar no Brasil	15
2.3	Produtos obtidos a partir da cana-de-açúcar	16
2.3.1.	Bioetanol.....	16
2.3.2.	Açúcar	19
2.4	Subprodutos obtidos a partir da cana-de-açúcar	20
2.4.1.	Vinhaça	20
2.5	Agricultura de Precisão e tecnologia	21
2.6	Sistemas de Informação	26
2.7	Gestão do conhecimento	26
2.8	Mapas do conhecimento	30
2.9	Indicadores de desempenho	36
2.9.1.	Produtividade da cana-de-açúcar.....	36
2.9.2.	Pontos de controle para medição de produtividade	37
Capítulo 3	Metodologia	40
3.1	Coletas de dados	42
3.2	Modelo	43
3.3	Integração de dados em um mapa do conhecimento	46

3.3.1.	Populando dados e inovando processos	47
3.4	Ferramentas utilizadas	47
3.4.1.	CmapTools	47
3.4.2.	Banco de dados	48
3.4.3.	Internet e Intranet	49
Capítulo 4	Resultados e Discussões	51
4.1	Mapa do conhecimento	51
4.2	Benefícios da gestão do conhecimento com Agricultura de Precisão	52
4.3	Modelo e a aquisição de dados no campo	53
4.4	Análises permitidas no Modelo no tratamento de imagens	56
4.4.1.	Análise de produtividade por tratamento de imagem.....	56
4.4.2.	Simulação do ganho em produtividade para diferentes malhas	61
4.5	Outros mapas espectrais	63
4.5.1.	Análises do Modelo para auxílio a decisões.....	65
4.6	Outras aplicações do Modelo.....	67
4.7	Expectativa de Sustentabilidade Econômica do Modelo	68
Capítulo 5	Considerações Finais	69
5.1	Conclusões	69
5.2	Sugestões para os próximos trabalhos	70
Capítulo 6	Tabelas e Anexos complementares.....	71
6.1	Questionário Agricultura	71
6.2	Tabela Cana de Açúcar processadas pelas usinas.....	74
6.3	Produção Brasileira de Açúcar	75
6.4	Produção Brasileira de Etanol	76

6.5 Produção Brasileira de Açúcar e Etanol	77
Referências Bibliográficas	78

Capítulo 1

Introdução

1.1 História e evolução

Atualmente a utilização de energia renovável tem sido uma das buscas mais desejadas no mundo em substituição aos combustíveis fósseis, grandes emissores de Gases do Efeito Estufa (GEE) como o CO₂. Dentre as opções disponíveis de fonte de energia renovável que se enquadram na melhor relação custo/benefício, os biocombustíveis tem se mostrado eficientes para esta troca, onde se destaca especificamente o bioetanol gerado a partir da cana-de-açúcar como o biocombustível mais viável, economicamente e ambientalmente.

O Brasil tradicionalmente cultivou a cana-de-açúcar desde o império e ocupou posição de destaque nesta cultura bem como uma grande relevância por se tratar de um produto que se adaptou ao clima do país. Neste momento o Brasil ocupa a posição inigualável em geração de bioetanol, sendo atualmente o maior exportador no mundo (GAUDER, 2010) devido à quota de 25% adicionado à gasolina com 5,1 milhões m³ em 2009 (ANP, 2010), e tudo isto se deve ao pioneirismo no setor, e possui a oportunidade de se manter nesta posição há tanto almejada. Para tanto, entre outros aspectos, necessita criar um modelo de gestão que se adeque ao uso e ocupação do solo e definir claramente as áreas de zoneamento agro-ecológico do País como recomendado no relatório (CGEE, 2010) e também o desenvolvimento de sistemas nacionais adequados de certificação de biocombustíveis.

Segundo a 4^a Conferência Nacional de Ciência e Tecnologia e Inovação para o Desenvolvimento Sustentável (CGEE, 2010), é chegado o momento de concentrar os esforços para promover a inovação em todos os elos da cadeia produtiva da cana-de-açúcar de forma a obter a contínua elevação da eficiência dos processos que assegurem a continuidade nos ganhos de produtividade e redução de custos na produção do etanol, a questão que se evidencia no momento é a forma como ocorrerá este esforço ao processo de inovação, pois são inúmeras técnicas modernas que reduzem custos e direcionam investimentos na aplicação de fertilizantes

com melhor aproveitamento de área, de processos de colheita, de geração de dados que permita a conexão entre campo e os indicadores de desempenho como produtividade por área, por variedade colhida e ainda mantém sob controle a grande variabilidade de dados do solo bem como da sua produtividade. A problemática em questão é como estruturar uma base de dados e um “front-end” que proporcione esta conexão entre todos os elos desta cadeia produtiva da cana-de-açúcar.

Existe uma constante preocupação por ambientalistas com a capacidade limitada de recursos naturais do planeta para a geração de energia, e o Brasil com clima favorável e uma alta produtividade da cana-de-açúcar posicionou-se na vanguarda com a geração de energia a partir da fotossíntese (GORDINHO, 2010), ou seja, com uma energia verde em grande escala, e assim passou a produzir a energia renovável mais importante da atualidade, o bioetanol gerado da cana-de-açúcar.

É preciso manter esta posição de pioneirismo já alcançada pelo país que conta atualmente com alguns controles por iniciativas dos próprios agricultores, usineiros e órgãos de pesquisa do setor. Entretanto, alguns dos modelos para a previsão de produtividade bem como de gestão do conhecimento são pouco utilizados devido à alta complexidade de implantação e ao alto nível técnico de especialização exigido.

Uma maneira factível de manter este competitivo pioneirismo é compreender que todo este conhecimento, embutido nos produtos produzidos, nos processos organizacionais ou armazenado nas mentes das pessoas como conhecimentos tácitos, podem e devem ser gerenciados, pois são os resultados de uma interação social dinâmica (TORRES, 2011).

As organizações e setores que dominam o campo da gestão do conhecimento demonstram grande capacidade para a inovação tecnológica que resultam na criação de novos processos, produtos, novas habilidades e técnicas, infraestruturas e tecnologias que facilitam a criação, transformação e disseminação de conhecimento. O setor que se predispõe à utilização de conhecimento necessita de um modelo conceitual e metodológico delimitado de trabalho que permite à organização da gestão do conhecimento em uma interação social em rede.

Uma interação social em rede que faça uso de um *modelo* e que permita gerenciar o conhecimento do setor é o que se propõe este trabalho, e tem como base, um modelo de gestão do conhecimento do setor sucroalcooleiro para aumento da produtividade voltado ao armazenamento adequado dos dados e informações bem como dos eventos da cadeia produtiva cana-de-açúcar

com agricultura de precisão e do bioetanol em uma base de conhecimento que utilize como plataforma um sistema de comunicação rápido, barato e popular como o ambiente Web que permita uma conexão entre elas utilizando redes como Intranets, Redes Privadas Virtuais (Virtual Private Networks-VPN) ou até mesmo Extranets seguras para acessos fechados.

Até o momento há pouca ou nenhuma comunicação entre as áreas da agricultura, usinas de bioetanol e energia nas termelétricas, bem como inexistente um modelo que fomente a descoberta de novos subprodutos que possam ser gerados pela atividade com a matéria-prima cana-de-açúcar, mesmo sendo uma das matérias primas da agricultura mais bem aproveitadas atualmente e que satisfaz em sua plenitude o conceito de sustentabilidade com sua energia renovável.

O *modelo* proposto baseado em gestão do conhecimento integra em um banco de dados e propõe o armazenamento de informações importantes e substanciais trafegando dados e informações de forma dinâmica entre as áreas através da utilização das tecnologias de comunicação em rede. Estas redes propiciam rápida comunicação na hierarquia organizacional de forma vertical e horizontal como demonstra o modelo na Figura 16. As redes de comunicação (STEWART, 1998) e (DAVENPORT, 2005), não necessariamente dependem de computadores, mas que seria inaceitável não se utilizar de uma rede de comunicação com base digital rápida e com recursos disponíveis como satélites, protocolos TCP/IP para comunicação, redes intranet e a plataforma da Web, sinais de rádio, georeferenciamento por GPS, transmissão de dados por GPRS através de chips GSM.

Estas redes de comunicação alteram completamente o trabalho dos gerentes (STEWART, 1998) e dos atores que atuam nos processos e atividades e permitem que o compartilhamento dos dados transformem as organizações transformando-as em inovadoras.

A tecnologia exerce um papel fundamental para o *modelo*, seja na comunicação e armazenamento dos dados, das informações e dos conhecimentos seja na integração dos tomadores de decisão. Quanto maior a capacidade das tecnologias da informação e da comunicação, maior a capacidade de inter-relacionamentos e a capacidade de aprender e lucrar com o compartilhamento do dado, da informação e do conhecimento que são subsídios essenciais à comunicação e à tomada de decisão (ANGELONE, 2003).

Atualmente “o extraordinário poder econômico de uma rede – *onerosa para se criar, barata e rápida de usar, acessível de qualquer ponto e a qualquer hora, valiosa em relação geométrica ao número de suas partes* – está disponível a qualquer organização que deseje obter

os maiores retornos de seu capital intelectual, o seu conhecimento. Este é sem dúvida o maior benefício para resolver a falta de comunicação e a carência do modelo de trabalho atual, e é o caminho para manter esta posição de vanguarda que o país já ocupa.

O desenvolvimento de tecnologias inovadoras que permitam incrementar a necessidade do aumento de produtividade da cana-de-açúcar favorece o crescimento e a manutenção da posição atual nesta vanguarda aproveitando o produto mais favorável para a produção de bioetanol que também pode ser produzido a partir de outros produtos cultivados no campo, mas comparativamente como se verifica na Tabela 1, a cana-de-açúcar possui o maior índice de redução de GEE na cadeia produtiva total:

Tabela 1 - Índice de redução de GEE (Fonte: IEA – Agência Internacional de Energia (2010)).

Produto gerador de bioetanol	Redução GEE em relação à gasolina
Cana-de-açúcar	89%
Beterraba	46%
Milho	31%

Pelos números da Tabela 1, verifica-se que a necessidade de se manter a posição privilegiada no ranking mundial com a cana-de-açúcar, e o acompanhamento para efeito demonstrativo define o grau de importância deste trabalho.

O Brasil, desde o Programa Nacional do Álcool – ProÁlcool em 1975, tem sido pioneiro na utilização do etanol como biocombustível, e ainda ocupa um lugar de destaque no cenário mundial com os recentes motores *flex* (LIMA M. A., 2010). Por ocupar juntamente com os Estados Unidos da América (EUA) as duas melhores posições no ranking de maiores produtores de bioetanol, o Brasil ainda conta com mais um elemento a seu favor, o de produzir bioetanol a partir da cana-de-açúcar, enquanto que os EUA utilizam outra rota de produção através do amido de milho e que segundo o próprio presidente dos EUA em discurso presidencial afirmou:

“O etanol de milho não é o ideal. Eu sempre fui um grande defensor do etanol de milho [...]. É uma boa solução para a transição, mas na verdade o etanol de milho não é tão eficiente quanto o que os brasileiros estão produzindo com a cana-de-açúcar.”

OBAMA (2009)

O incentivo no uso do bioetanol favoreceu mais pesquisas com resultados positivos (FREIRE, 2000). A comprovação foi que a vinhaça (também chamada de vinhoto em algumas literaturas), um resíduo obtido do resultado do processo de esgotamento após a lavagem de gases e centrifugação durante alguns estágios anteriores à destilação azeotrópica, sempre foi considerado um resíduo do processamento industrial para a obtenção do etanol, e que por décadas foi descartada *in-natura* no meio ambiente em córregos, rios e lagos por desconhecer que tal resíduo ao ser descartado na água absorve todo o oxigênio e acaba exterminando a vida local.

A escolha e a definição de um destino que fosse viável e sustentável se eliminar do resíduo *in-natura* levou aproximadamente 100 anos até comprovar que este resíduo pode ser aplicado em forma de fertirrigação no solo de plantio da cana-de-açúcar e assim favorecer o aumento significativo de sacarose durante seu cultivo.

Atualmente são utilizadas em quase todas as usinas a aplicação da vinhaça como fertirrigação na lavoura de cana-de-açúcar (LEITE, 1999) com tecnologia conhecida e bem definida, existindo também uma grande quantidade de ensaios que comprovam os resultados positivos na produtividade agrícola que foram obtidos e em grande parte das aplicações com uma economia aos adubos minerais, e em especial com a predominância do potássio (LERAYER, A.; et al., 2009).

O açúcar no Brasil chegou a valer ouro nos tempos áureos da colonização, e sua alta produtividade foi responsável pela criação de inúmeras estradas do Brasil para escoamento do açúcar para o porto e a utilização de modal fluvial e em alguns casos ferroviários.

Nesta busca contínua pelo aumento na produtividade de bioetanol determinado pela quantidade de sacarose na cana-de-açúcar e utilizada no processo de fermentação e destilação na usina é indispensável que haja inovação para que se obtenha um aumento significativo na produtividade da sacarose ou até mesmo na qualidade não somente do bioetanol, mas também em outros produtos obtidos da cana-de-açúcar como o próprio açúcar e a quantidade de biomassa gerada.

As inovações no setor sucroalcooleiro foram encontradas na literatura com inícios e mudanças significativas no campo com experimentos práticos, entretanto (NONAKA & TAKEUCHI, 1998) defendem que para ocorrer uma condição ideal ao processo de inovação e criação do conhecimento haja a troca de informações entre as áreas que envolvem o setor que, neste caso, seria a interação entre as áreas da agricultura, usina e energia. No entanto o problema

que se encontra nestas três áreas é a ausência exacerbada não somente da comunicação, mas também de tecnologia que favoreça a troca de informações, sobre os resultados obtidos no plantio, níveis da colheita, quantidade na obtenção do açúcar, álcool e biomassa para a geração de energia. Assim, se para criar conhecimento é necessária interação, a tecnologia que temos disponível atualmente para que isto ocorra possui viabilidade econômica e disponibilidade como a Intranet, ambiente Web, transmissão de dados por GPS, GSM, CDMA, acesso Web móvel 3G com iPads, PDA, e principalmente tendo a Web como base para a plataforma, ou seja, um padrão único de comunicação que permita tecnologicamente esta interação e comunicação.

O Brasil é atualmente o maior produtor mundial de cana-de-açúcar chegando à safra de 2010/2011 com uma produtividade de 625 milhões de toneladas colhidas em uma área de aproximadamente 8,1 milhões de hectares que representa atualmente 2,3% da área agrícola do país (CONAB, 2010).

Mesmo com estes números, o Brasil em 2009 perdeu a primeira posição de maior produtor de bioetanol para os Estados Unidos da América que produz bioetanol a partir do amido de milho, e que não é o produto mais adequado para se produzir biocombustível, além de ser um produto muito utilizado para gerar alimento dos mais variados tipos. Também não gera a quantidade de bagaço suficiente para energia e sua conversão para bioetanol no processo de fermentação ainda é muito baixa comparada à cana-de-açúcar, no entanto, com o uso adequado de tecnologia ultrapassou o Brasil no ranking mundial.

Como é observado na Figura 1 e Figura 2, o Brasil possui uma alta produção de cana-de-açúcar em toneladas e uma estabilidade na fabricação do açúcar e do etanol, sofrendo variações em relação aos preços praticados no mercado de ambos os produtos, e que normalmente são influenciados pelos preços praticados na exportação do açúcar.

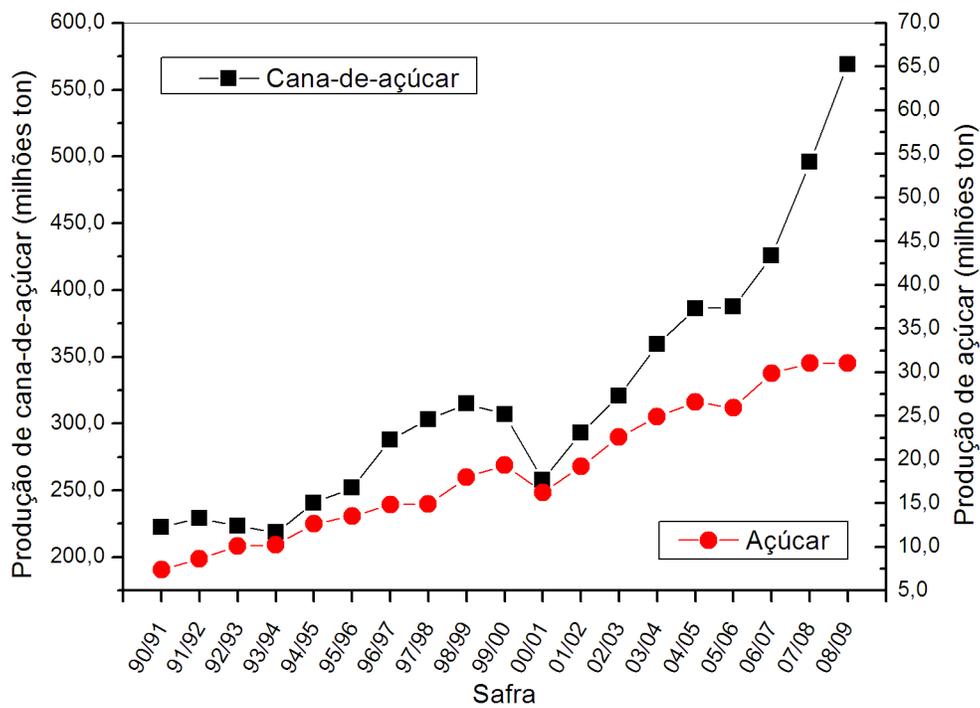


Figura 1 - Produção Nacional de açúcar e cana-de-açúcar por safra.

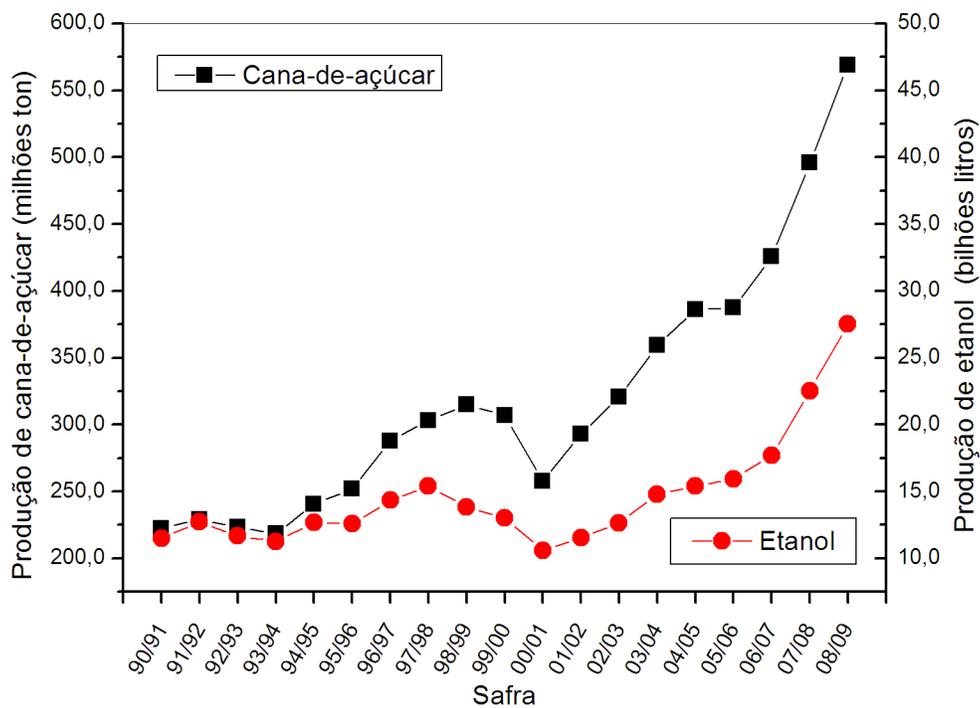


Figura 2 - Produção Nacional de etanol e cana-de-açúcar por safra.

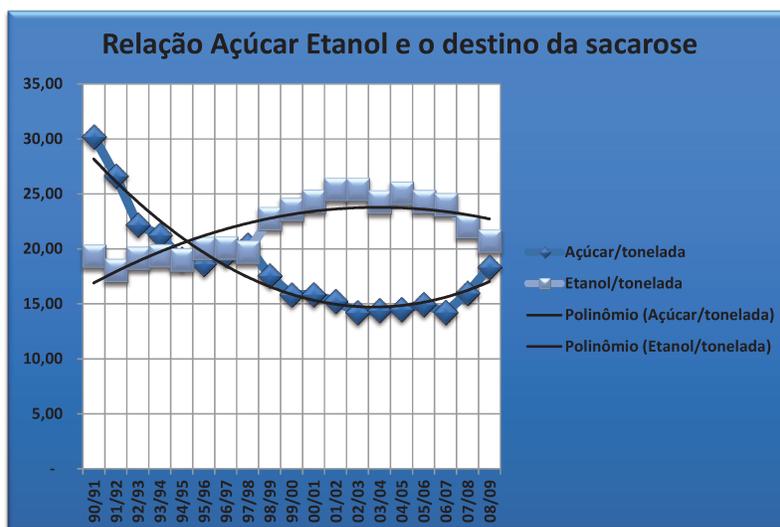


Figura 3 - Relação Açúcar Etanol e o destino da sacarose (Fonte de Dados ÚNICA 2011).

Ao analisar os dados da Figura 3 nas tabelas (UNICA, UNICA e Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento/MAPA., 2011) nota-se a convergência em determinados anos ao estabelecermos uma relação da produtividade de açúcar versus etanol por tonelada de cana. Segundo os gráficos contidos na Figura 3, gerado a partir dos indicadores açúcar/tonelada e etanol/tonelada, demonstra-se que, entre os anos de 1998/1999 até 2006/2007 as usinas preferiram produzir mais etanol em relação ao açúcar. Quadro que reverteu novamente nos últimos anos, possivelmente devido a fatores externos de mercado, que influenciam diretamente nas escolhas mais lucrativas e consequentemente nas mudanças.

Na análise de mais alguns números do setor é possível verificar o embasamento dos motivos pelo qual o etanol e o açúcar são importantes para o Brasil e verificando os números dispostos em gráficos dado pela estatística de crescimento dos últimos anos, o impacto é notável.

Os estudos no início na década de 90 do século passado e com previsões de produtividade estimada da cana-de-açúcar (Figura 5) até o ano de 2021 onde espera-se um crescimento da demanda na ordem de aproximadamente 61% na produtividade agrícola e com índices mais alarmantes quando se analisa uma expectativa de quase 220% de crescimento na produção de etanol (Figura 6) que está em franca expansão e consumo com uma demanda crescente no mercado externo com acréscimos de 900% na exportação (Figura 7) chegando à marca de 16 milhões de litros em 2021.

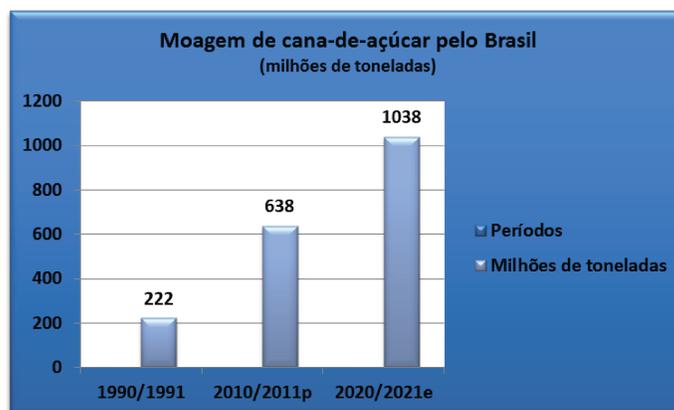


Figura 4 - Moagem de cana-de-açúcar pelo Brasil, fonte: GORDINHO (2010).

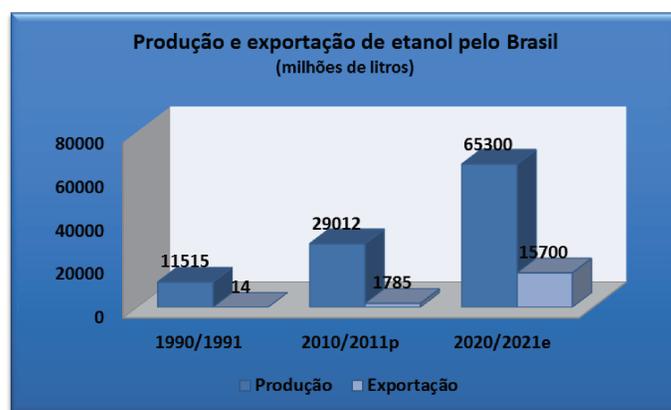


Figura 5-Produção e exportação de etanol pelo Brasil, fonte: GORDINHO (2010).

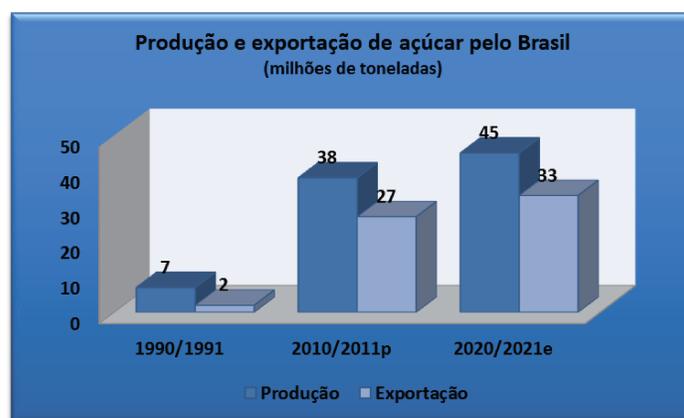


Figura 6 - Produção e exportação de açúcar pelo Brasil, fonte: GORDINHO (2010).

Os dados atualizados do consumo doméstico e as expectativas de consumo (GORDINHO, 2010), representam a relação de necessidade de abastecimento doméstico de etanol e açúcar, obviamente ambos relacionando-se também aos índices de exportação, importante para a balança comercial do país como podemos verificar na Figura 7.

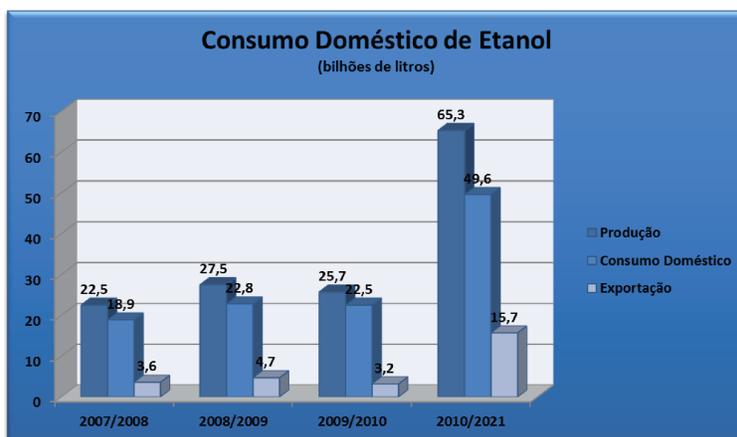


Figura 7 - Produção e Consumo Doméstico de Etanol no Brasil, fonte: GORDINHO (2010).

Dados atualizados (GORDINHO, 2010) representam a relação de necessidade de abastecimento doméstico de etanol e açúcar, obviamente ambos relacionando também aos índices de exportação, importante para a balança comercial do país.

Da cana-de-açúcar se extrai cerca de 200 tipos de produtos e subprodutos diferentes, mas sem dúvida, produzir açúcar e etanol da sacarose, e ainda, energia a partir do bagaço torna a matéria prima cana-de-açúcar um produto de desenvolvimento sustentável que proporciona geração de empregos no campo, na indústria e no fim de seu ciclo com a geração de energia nas termelétricas que segundo números atuais (LERAYER, A.; et al., 2009) já é responsável por cerca de 3,5% do total do parque gerador brasileiro, ou 16% de energia produzida por termelétricas no País.

O bioetanol gerado a partir da cana-de-açúcar é o biocombustível mais cobiçado atualmente, e certamente este interesse é devido à capacidade da cana-de-açúcar em cumprir grande parte das necessidades de sustentabilidade como demonstra a Tabela 2 de perdas nos processos de produção com perda aproximada de apenas 14% de matéria prima.

O crescimento do cultivo da cana-de-açúcar somente no estado de São Paulo conforme demonstram indicadores em pesquisas (CARVALHO, 2010) tem acontecido à taxas de 10,3% nos últimos oito anos, onde após análise, estima-se um aumento de 4,2% ao ano do etanol anidro que é utilizado como aditivo à gasolina, e de 16% ao ano do etanol hidratado.

O grau de importância desta temática é de tal magnitude que dado o índice de crescimento do bioetanol no Brasil como citado (SOUSA e MACEDO, 2010) num comparativo entre a disputa por uma sombra ao sol entre o bioetanol e o combustível fóssil tradicional, bioetanol e

gasolina respectivamente, e demonstrado que especificamente no Brasil, desde 2008, a demanda por álcool superou a de gasolina pura, dentre outros méritos, foi uma marca histórica demonstrando que no Brasil, por hora, o “combustível alternativo” é a gasolina, afirmam (SOUSA e MACEDO, 2010) e (WALKER, 2010).

Tabela 2 - Perdas nos processos de produção do etanol.

Origem da Perda	Valor (%)	Contribuição (%)
Lavagem	0,47	3,32
Moagem (bagaço)	3,73	26,38
Clarificação	0,54	3,82
Fermentação	5,17	36,56
Destilação	0,18	1,27
Não determinadas	4,05	28,64
Total (%)	14,14	100

O processo de produção de bioetanol na usina de cana-de-açúcar inicia-se em um longo e demorado estágio que segue desde a análise de solo e a escolha do tipo de variedade de cana-de-açúcar mais apropriada para o plantio, e que resulte em maior rendimento de sacarose, ou seja, o tipo de solo adicionado à escolha da variedade e o manejo adequado só importa se o resultado final, aquele indicado pela quantidade de sacarose, alcançar o índice máximo possível.

Pesquisa na área com métodos quantitativos tem trazido importantes contribuições, entretanto, pesquisas nesta área do conhecimento aplicadas ao setor sucroalcooleiro resultam em resultados positivos quando aplicados à maximização de produtividade total dos produtos gerados pela cana-de-açúcar, que consideram como produtos além do açúcar da cana-de-açúcar e do bagaço pela hidrólise, o álcool e o bagaço para energia, a vinhaça para a geração de biogás e não para a aplicação como fertilizante no próprio canavial como demonstra o trabalho de (GRISI, E. F. et al., 2010), que desenvolve um modelo matemático com uma formulação em Programação Linear e Programação Inteira. Este trabalho analisa uma solução ótima global em uma usina onde considera a geração de energia e o consumo pela própria usina buscando o máximo de rendimento não somente da energia, mas também dos outros produtos gerados da cana-de-açúcar com o intuito de encontrar uma otimização dinâmica através das quantidades de cana-de-açúcar que são recebidas para a moagem.

Em outra abordagem de modelagem matemática encontram-se modelos que aumentam a previsibilidade da produtividade da cana-de-açúcar, mas, em diversas literaturas encontram-se citações importantes sobre a dificuldade da aplicabilidade do modelo matemático como afirma (BERGAMASCO, 2001) devido à ausência de informações qualitativas e quantitativas disponíveis.

O modelo de gestão do conhecimento aplicado à cultura da cana-de-açúcar deste trabalho difere dos métodos exatos por proporcionar um conjunto de dados e informações ao longo do tempo que são aplicadas e absorvidas pelos modelos matemáticos exatos mais aceitos de simulação como o modelo CANEGRO, APSIM e QCANE (BARBIERI, 2010). Estes modelos que traduzem de forma complexa e empírica o crescimento da cana-de-açúcar, mas não são dotados de mecanismos para o armazenamento das informações de seus resultados o que favorece ainda mais a criação de um modelo para a gestão deste conhecimento e uso proporcionando um processo de correção antecipada durante o cultivo da cana-de-açúcar e que à luz dos dados proporcionados pela agricultura de precisão somada ao mapa do conhecimento bem como os produtores que estarão envolvidos no manejo da cultura poderão tomar decisões que sejam mais econômicas durante o ciclo que uma correção química na usina.

1.2 Objetivos

O objetivo deste trabalho é o desenvolvimento de um *Modelo* para Gestão de Informações e de Conhecimento para o aumento de produtividade do bioetanol na produção de cana-de-açúcar através do uso de Gestão do Conhecimento para Agricultura de Precisão como uma ferramenta de Sistema de Apoio à Decisão (“Decision Support System”).

O enfoque com o uso da Gestão do Conhecimento é a transformação do conhecimento tácito em explícito, para que possibilite sua disseminação e seu rápido compartilhamento e assim inferir na percepção do indivíduo ou da organização como uma metodologia de suporte a decisões, contribuindo no aumento da produtividade agrícola, bem como na troca de informações entre as áreas da agricultura, usina e de geração de energia. A possibilidade de encapsulamento do conhecimento tácito em formato explícito de forma direta pelos próprios agricultores ou indivíduos com acesso através do *Modelo* permite a construção contínua de uma base sólida de dados e de conhecimento, bem como resultados mais precisos e objetivos.

As análises no processo de fabricação do bioetanol, desde o plantio da cana-de-açúcar, facilita o entendimento do setor para se obter uma base de dados para se extrair conhecimento formado por um conjunto de indicadores colhidos das áreas da agricultura, moagem, fermentação e destilação na usina que permita encontrar caminhos para o aumento da produtividade com base em troca de informações e conhecimento.

Para obter um modelo de cultura organizacional entre as áreas é necessário que se agregue infraestrutura, pessoas e tecnologias e a partir destes três elementos básicos (ANGELONI, 2002) permita que haja maior interação e troca de informações e a assim promover o processo de inovação entre as áreas.

Possuir uma base de dados para extrair conhecimento é diferente de possuir um conhecimento temporário como um aluguel (DAVENPORT, T. H., PRUSAK, L., 1998), alugar um conhecimento é como contratar um consultor para resolver um problema que exija uma fonte de conhecimento, embora ainda assim haja certa absorção de parte do conhecimento que é incipiente e temporária; e tão logo o consultor parta o processo de inovação também o acompanha, assim como chegou. É uma forma importante para receber rapidamente o conhecimento, mas nestes casos é imprescindível retê-lo da melhor forma possível. Os autores (NONAKA & TAKEUCHI, 1998) são categóricos ao afirmarem que a melhor forma de promover a inovação é desenvolver novas ideias em conjunto, ou combinar velhas ideias de formas novas.

O propósito deste trabalho é demonstrar que o processo de troca de informações e o feedback de dados e informações permite o favorecimento de aceleração do processo de inovação tecnológica (DAVENPORT, T. H., PRUSAK, L., 1998), e o armazenamento destes dados é a combinação esperada de oferecer um modelo integrado. Já foi constatado que só sobrevivem as organizações que aprendem de uma forma contínua e aprimorada através de um trabalho árduo para gerar dados em conhecimento e que por isso gerou um aumento no interesse pelo conhecimento. Assim, na usina da cana-de-açúcar para a fabricação do açúcar e a produção do bioetanol oferecendo indicadores para as áreas de agricultura e fomentando um processo de inovação integrada do setor sulcroatóoleiro é necessário que haja uma base de dados, e se organize tais dados de uma forma inteligente para gerar conhecimento.

Uma prova desta informação é a divulgação do Guia da Cana publicado pelo Conselho de Informações (LERAYER, A.; et al., 2009), que afirma a importância da troca de informações

para oferecimento de melhores híbridos que gerem maior quantidade de sacarose ou outros subprodutos. Este processo de melhoria, seja no campo de processos de fabricação do álcool, seja na busca de novas variedades que produzam mais cana por hectare, se iniciou desde a chegada da planta no Brasil em 1515 e muito bem representada pela alta produtividade em solo brasileiro. No início apenas o aumento da quantidade de cana-de-açúcar era necessária, e suficiente para se crer no aumento da produtividade. Com o desenvolvimento de formas de controle, relacionou-se a quantidade de sacarose com a produtividade de açúcar e álcool para a aguardente. O processamento da cana-de-açúcar sempre representou um importante fator até os dias atuais para a balança comercial brasileira e vem sendo pesquisada com novos híbridos desde então.

Este *Modelo* não tem a pretensão de substituir modelos matemáticos consagrados existentes, que demandam uma grande quantidade de dados colhidos no campo para obter algum sucesso, mas tem como objetivo principal o de permitir a obtenção de novas visualizações com dados que são necessários a coleta, e já são colhidos atualmente ou são permitidos pela tecnologia de Agricultura de Precisão maximizando sua aplicação.

Capítulo 2

Fundamentos

2.1 Combustível Fóssil versus Biocombustível

São incontáveis os estudos sobre a eficiência e a eficácia na utilização do biocombustível em motores veiculares e apesar de já terem sido testados desde o início do século 20, antes mesmo da viabilidade da instalação de postos de abastecimento nas estradas e cidades. Entretanto o resumo executivo (BNDES; CGEE; FAO; CEPAL, 2008) afirma que esta prática da utilização de biocombustíveis no Brasil data de 1931, e que atualmente o biocombustível e a bioeletricidade é a segunda fonte primária e a principal forma de energia renovável na matriz energética do país, o que a torna importante pela posição que ocupa dentro das fronteiras brasileiras e imprescindíveis manterem o pioneirismo e a liderança fora dela, posição esta que já ocupamos com larga distância.

Estudos afirmam (WALKER, 2010) que a indústria do biocombustível nos Estados Unidos deve criar cerca de 29.000 novos postos de trabalho entre os anos de 2011 e 2013 chegando à marca de 800.000 até 2022 com um efeito positivo de US\$ 148,8 bilhões.

O bioetanol como biocombustível nos Estados Unidos é feito do milho como matéria prima, e que, segundo o próprio autor gera uma redução de aproximadamente 30% de GEE em comparação aos 89% do bioetanol brasileiro que se utiliza da própria energia gerada na termelétrica utilizando o bagaço da cana-de-açúcar como matéria prima, e não necessitando de subsídios por ser altamente sustentável em sua cadeia de produção.

2.2 Cultura da cana-de-açúcar no Brasil

O ciclo completo da cana-de-açúcar é variável, dependendo do clima local, variedades e práticas de manejo (MACEDO & SEABRA, 2008). No Brasil usualmente é comum um ciclo de 6 anos, onde ocorrem 5 cortes, ou seja, após o preparo do solo é feito o plantio da muda, também chamada de cana-planta, sendo o primeiro corte após 12 a 18 meses do plantio. Nos 4 a 5 anos

seguintes consecutivos ocorrem os novos cortes na cana-soca, no entanto, sempre com decréscimo de produtividade e com uma média de 78 a 80 toneladas de cana por hectare. No Estado de São Paulo considerando o ciclo dos cinco cortes, a média é de 85 Mg.ha⁻¹.

Tabela 3 - Média, máxima e produtividade teórica de cana-de-açúcar. (WACLAWOSKY, 2010).

Tipo de produtividade	Produtividade Cana Mg/(ha ano)	Biomassa Mg/(ha ano)
Média comercial	84	39
Máxima comercial	148	69
Máxima experimental	212	98
Máxima teórico	381	177

2.3 Produtos obtidos a partir da cana-de-açúcar

2.4 Bioetanol

Atualmente o bioetanol se tornou o biocombustível mais cobiçado no planeta, não somente pelo seu custo, viabilidade, além de fatores ambientais como a capacidade de ser auto-sustentável e com uma emissão de média de 89% menor de dióxido de carbono (CO₂) que a gasolina no ciclo completo da cana-de-açúcar (UNICA, Etanol - Uma atitude inteligente., 2008).

O bioetanol a partir da cana-de-açúcar no Brasil (BNDES, CGEE, FAO e CEPAL, 2008) consolidou-se no mercado como o combustível verde do Brasil e muitos foram os fatores que auxiliaram a escalada exponencial deste biocombustível, dentre as quais:

- Alto preço do petróleo;
- Altas taxas de reduções do GEE;
- Alta produtividade em energia de biomassa por unidade de área;
- Grandes áreas aptas ao cultivo da cultura;
- Expectativa de relaxamento de barreiras protecionistas ao bioetanol;
- Benefícios sócio-econômicos devido ao crescimento do setor;
- Queda nos preços da produção em larga escala.

A cana-de-açúcar é o gerador de bioenergia mais sustentável em termos de aproveitamento e o bioetanol o seu derivado mais importante em épocas de necessidade de energia como os atuais.

No Brasil são fabricados dois tipos de etanol conforme Tabela 4 - Tipos de álcool e percentuais aditivos à gasolina.:

Tabela 4 - Tipos de álcool e percentuais aditivos à gasolina.

Álcool (etanol)	% Água	Proporção na gasolina
Álcool Etilico Hidratado Carburente (AEHC)	6,5	Nenhum
Álcool Etilico Anidro Carburente (AEAC)	0,5	20 a 25%

O etanol do tipo anidro é misturado à gasolina numa proporção regulada pelos órgãos governamentais responsáveis e pode variar à taxa de 20 a 25%, e também pode ser utilizados em aviões de pulverização, motocicletas flex (bicomustível), geração de bio-plásticos e transportes coletivos a etanol (UNICA, Etanol uma atitude inteligente, 2010).

Para a obtenção do bioetanol há 3 rotas tecnológicas efetuadas nas bases comerciais e em cada uma delas obtém-se uma solução fermentável, onde tal fermentação é a forma para a obtenção do bioetanol (BNDES, CGEE, FAO e CEPAL, 2008). No caso da cana-de-açúcar a extração de bioetanol é muito representativa (BNDES; CGEE; FAO; CEPAL, 2008) como, por exemplo, em uma fazenda com produção de 80 toneladas de cana-de-açúcar por hectare é possível obter uma produtividade média de 85 litros de bioetanol por tonelada de cana processada que equivale a uma produção de 6.800 litros/ha de bioetanol pela rota da fermentação e destilação do caldo, mas com a utilização de 30% do bagaço disponível e metade da palha para a conversão em bioetanol pela segunda rota, a rota da hidrólise da biomassa, obtém-se mais bioetanol à razão de 400 litros por tonelada de biomassa celulósica seca.

Nestes números está em evidência o processo de obtenção por fermentação e destilação pela primeira rota por ser a rota mais utilizada no país, não influenciando o processo de hidrólise que é o etanol obtido pelo resíduo celulósico (assunto não pesquisado neste trabalho), processo ainda economicamente inviável para a produção em grande escala. Entretanto é o processo para obter etanol utilizado para aumentar a produtividade do milho. Segundo (PIMENTEL &

PATZEK, 2008) o Brasil ignora o fato de que os Estados Unidos seja o maior produtor de bioetanol apesar do Brasil ser o maior produtor de cana-de-açúcar, que é a mais eficiente matéria prima para a produção de bioetanol.

A conversão de sacarose em etanol através da fermentação é uma tecnologia bem conhecida e estabelecida, seja no Brasil ou nos Estados Unidos, no entanto, nos Estados Unidos ocorre também a produção através da 2ª rota por meio da hidrólise enzimática do bagaço e mesmo utilizando o milho como matéria-prima principal, lideram a produção mundial de bioetanol. No Brasil apenas com a utilização da fermentação sem o processo da hidrólise do bagaço tira-se proveito total da produção da cana-de-açúcar que possui auto sustentabilidade devido as baixas taxas de perdas no beneficiamento da cana inclusive na geração de energia com as termelétricas que utilizam o bagaço para a queima.

Segundo (LERAYER, A. et al., 2010), o uso de bactérias, leveduras, e fungos geneticamente modificados tem sido utilizados na fermentação do caldo há mais de 25 anos e atuam diretamente nos processos de fermentação com objetivos específicos. O Modelo tem como propósito ser um vetor para o armazenamento destas informações de forma a manter o histórico do tipo de fermentação que produzirá a maior quantidade de bioetanol ou outros derivados da fermentação.

Nesta etapa percebe-se também como foi o cultivo da cana e sua variedade através dos tipos de resíduos produzidos durante o processamento de etanol. É importante correlacionar cada etapa do processamento às etapas anteriores fazendo com que a visão do processo como um todo seja compreendida, em que cada ação poderá interferir no resultado final.

Estes outros derivados atualmente após a fermentação do mosto, quando as leveduras são recuperadas e o vinho resultante segue para a destilação onde o bioetanol é produzido. Os dados de cada etapa dos processos internos da usina poderão ser armazenados no Modelo de indicadores de desempenho ou de sensores que possam ser instalados para a automação da medição, de modo a dispensar a intervenção humana, suprimindo níveis altos de automação. Um exemplo que poderia compor o Modelo e que é importante para o processo seriam informações de como produzir a menor quantidade de vinhaça possível, resíduo originário do processo de destilação do mosto e que não compõe atualmente uma base de conhecimento para o campo, exceto que ele sirva para a fertirrigação.

O processo de fermentação é também determinado pelo grau de sacarose encontrado na cana-de-açúcar no momento do recebimento e, portanto, é imprescindível que a cana-de-açúcar seja colhida no momento máximo de seu stress hídrico que é o estágio em que a cana-de-açúcar se encontra com a máxima quantidade de sacarose.

O processo de destilação na usina da cana-de-açúcar é o processo de condensação do vapor que sobe das dornas de aquecimento e fermentação. Há várias maneiras de produzir etanol, porém neste trabalho foi apenas considerada a rota da fermentação a partir do caldo misto da cana.

Estes fatores que maximizam este índice de sacarose estão em estudos e é um dos grandes motivos do desenvolvimento deste trabalho, ou seja, permitir ao agricultor ou à usina que escolha a melhor *cultivar*, para cada tipo de solo apropriado com a adubação adequada e com o corte no momento correto tornando este conjunto de fatores favoráveis à maximização da produção do bioetanol.

Outros experimentos ou resultados práticos do campo poderiam ser retirados para estudos do setor, no entanto, é preciso uma base de dados estruturada que propicie a criação de uma base do conhecimento, favorecendo então uma gestão do conhecimento, base e objetivo deste trabalho. As áreas de fermentação e destilação são pouco conhecidas pela agricultura ou pela geração de energia, no entanto há fatores que poderiam ser tratados no campo que fariam aumentar a produtividade de etanol, mas seria pretencioso afirmar neste momento sem evidenciá-los na prática. O propósito nesta fase do processo de produção do bioetanol na usina é de obter as informações que correlacionem a produtividade do bioetanol na fermentação com os indicadores de sacarose aos acontecimentos do campo e haja a troca de informações entre cada etapa do processo da usina com os eventos do campo promovendo processos de inovação.

2.5 Açúcar

O açúcar é atualmente o produto da área de alimentos que o Brasil exporta desde o império e nos últimos dois anos novamente alcançou altos índices de exportação segundo indicadores do mercado internacional do açúcar (CONAB, 2010), onde informa que a quebra da safra ocorrida na Índia e em outros países de menor expressão que também contribuem para a oferta mundial que pode seguir o mesmo ritmo em 2011. O açúcar sendo um produto que é gerado à partir da mesma sacarose da cana-de-açúcar é um produto que concorre diretamente com a produção de

bioetanol. Infelizmente o que define a quantidade a ser produzida de um ou outro produto é o preço do mercado.

2.6 Subprodutos obtidos a partir da cana-de-açúcar

2.7 Vinhaça

A vinhaça atualmente possui diversas pesquisas como foco por ser um resíduo do processo agroindustrial da fermentação e destilação que possui um elevado poder de poluição e ainda um grande volume residual. Apesar de ser considerado por alguns um subproduto que pode ser utilizado como um fertilizante líquido aplicado no próprio campo, a quantidade de vinhaça gerada para cada litro de etanol surpreende e fomenta ainda mais a razão das pesquisas nesta área industrial da usina.

Este resíduo pode chegar à marca de 7 a 14 vezes mais vinhaça para cada litro de etanol produzido quando utilizada a levedura *Saccharomyces Cerevisiae* que possui baixa tolerância na fermentação alcoólica. Segundo autores (CORTEZ, L. A. B. et al., 2010), afirmam que há pontos de vista díspares em relação a qual a melhor tecnologia a ser aplicada, haja a vista que cada pesquisador preconiza sua ideia como sendo a melhor opção, e defende ainda que as pesquisas não dependem de respostas adversas e são resultados de cada região do Brasil, que apresentam solos e respostas agronômicas diferentes.

A vinhaça é utilizada e aplicada por fertirrigação principalmente nas soqueiras, e devido à época em que é produzida na agroindústria a sua aplicação é lançada como um evento, tratando-se de um processo que contribui no aumento da produtividade da sacarose, fornecendo o óxido de potássio (K_2O) e parte do nitrogênio necessário à cana. Entretanto, em muitos solos, é necessário complementar a vinhaça com adubos nitrogenados e em alguns casos verificar se o solo já não se encontra com excesso, através de análises laboratoriais.

Mas já se sabe que tal aplicação de vinhaça no solo deve ser realizada em doses adequadas para que possa oferecer uma série de benefícios (ROSSETO & SANTIAGO, 2010), tais como:

- melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo;
- aumento da matéria orgânica e microflora do solo;

- mineralização do nitrogênio;
- melhoria nas condições gerais de fertilidade do solo;
- aumento do poder de retenção de água;
- aumento da produtividade da cana.

Entretanto, seu uso em excesso pode provocar o retardamento do processo de maturação da planta, o que leva à queda no teor de sacarose e compromete a qualidade final da cana, além do risco de contaminação do solo e assim por lixiviação de ânions alcançarem o lençol freático devido à grande concentração de potássio. Informações como estas obtidas em campo e na literatura contribuem e possuem grande relevância para este trabalho pois é considerado como dado de entrada para o Modelo.

2.8 Agricultura de Precisão e tecnologia

A Agricultura de Precisão (AP) é uma nova forma de gestão da produção agrícola, cujo foco é o gerenciamento da variabilidade espacial da produção e dos fatores nela envolvidas. É realizada por meios de tecnologias e procedimentos recentes, adaptados para o meio agrícola, tendo como objetivo principal o aumento da produtividade, além da redução de insumos e do impacto sobre o meio ambiente (CIRANI, 2010).

Os experimentos em plantios com agricultura de precisão datam de 1938 (COELHO, 2005), onde se destacam plantios e colheitas com aferição de tempo de crescimento e também com a produtividade de cada área. Contudo, os experimentos se traduziam em separar as áreas de plantio em malhas quadriculadas nos tamanhos de 100x100 m e, por conseguinte, aferir as diferenças de crescimento e produtividade em cada quadrante. Mas, na época, os experimentos eram realizados em pequena escala e devido a pouca tecnologia disponível, a agricultura era familiar e grande parte destas medições realizadas através da observação visual.

O agricultor que maneja sua cultura uniformemente a cada 1000 ha não está considerando a variabilidade espacial do solo (CARR, 1991). O que trata especificamente a agricultura de precisão inclusive em outros termos da literatura são definidos como, agricultura por metro quadrado (REICHENBERG & RUSSNOGLE, 1989), com base em tipos de solos, aplicação de insumos a taxas variáveis (SAWYER, 1994), variável espacial, precisão, prescrição, ou manejo

específico de culturas (SCHUELLER, 1991), manejo por zonas uniformes conforme citam (Pierce & Sadler, 1997).

O termo agricultura de precisão foi cunhado pelo setor agrícola há pouco tempo, mas já dispõe de uma enorme gama de variedade de trabalhos científicos e muitos outros ainda em pesquisa e desenvolvimento onde em grande parte do foco principal se direciona na redução de custos, eliminação de desperdícios em excesso de fertilizações, além da busca em melhoria na qualidade dos produtos produzidos, devido ao cultivo de uma planta em área equitativa em suas características, resultado da aplicação (ALVES, 2006) de fertilizantes em taxas variadas, agrotóxicos e até formas de manejo que permite esta diminuição em sua variabilidade.

Nos dias atuais, grande parte dos produtores rurais já conta com ferramentas muito avançadas (Tabela 5) que possibilitam a coleta de dados no campo com suas coordenadas de GPS através de um conjunto sofisticado de equipamentos agrícolas que permitem aos agricultores obter dados como clorofila, refletância, profundidade da muda, folhas verdes, folhas secas, variabilidade dos nutrientes do solo bem como umidade, condutividade entre outros que influenciam no desenvolvimento das plantas e, em específico neste trabalho, na produtividade da cana-de-açúcar.

Tabela 5 - Taxa de adoção da AP (Estado de São Paulo). Fonte (CIRANI e MORAES, 2010).

Tecnologia de Agricultura de Precisão	% de uso Pesquisa Estado de São Paulo (2008)
Imagens de satélite	76
Piloto Automático	39
Fotografias aéreas	33
Amostragem de solo em grade com GPS	31
Tecnologia de aplicação em taxa variada	29
Aplicação de calcário em taxa variada	22
Sistema de direcionamento via satélite	20
Aplicação de gesso em taxa variada	16
Aplicação de fósforo em taxa variada	12
Monitor de colheita e mapeamento	10
Aplicação de potássio em taxa variada	6
Outras	4

Para identificar os elementos que propiciam o aumento na produtividade é necessária uma utilização adequada dos dados colhidos no campo com a tecnologia de agricultura de precisão e a vinculação da coordenada de GPS ao atributo do solo para saber o tipo de solo, qualidade da planta, doenças, pragas da cultura, tamanho da planta, do caule, do colmo entre outras características que tragam dados (Figura 8) valiosos desta ou daquela pequena área (que pode

ocorrer na malha a cada 30x30 m², 50x50 m² ou até 100x100 m²) de forma que diminua a variabilidade nos atributos da qualidade de solo à mínima proporção uniforme, e assim verificar se está adequado com seus nutrientes minerais para a maximização da produtividade e, se não, qual tipo de correção é mais apropriado para cada tipo de cultivares de cana-de-açúcar a ser plantada e de acordo com o seu manejo, quais são as quantidades geradas de biocombustível nos processos de fermentação e destilação na usina.

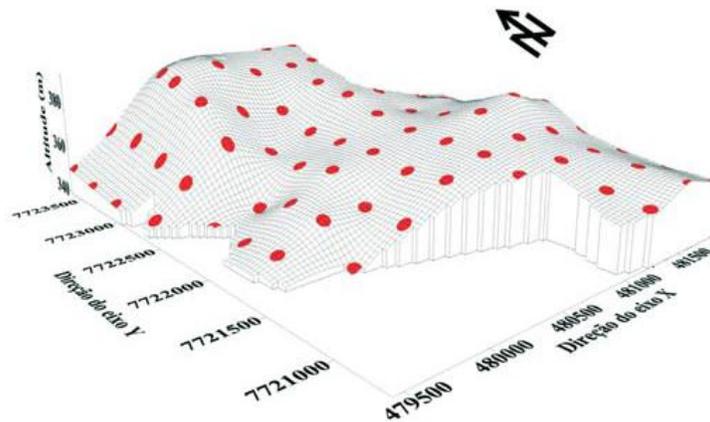


Figura 8 - Exemplo dos pontos de leitura da variabilidade dos atributos do solo na malha. Fonte (CAMPOS, M. C. C. et al., 2009).

Para favorecer este processo de homogeneidade e diminuição da variabilidade de solo é necessário coletar dados e informações no campo e proporcionar visibilidade dos dados nos diversos setores da cana-de-açúcar ao longo da cadeia produtiva, seja na agricultura, seja na usina e armazenar através da utilização de sistemas de informações em uma base de dados de forma que o tratamento e uso se tornem simples para obter, registrar, controlar, manipular e acompanhar seus resultados.

Objeto de estudo deste trabalho, este ambiente de dados e informações foi chamado de Modelo de Gestão do Conhecimento e foi desenvolvida para colher uma grande quantidade de dados para correlacioná-los de forma que permita extrair informações para produzir conhecimento sobre o comportamento do cultivo da cana-de-açúcar em cada tipo de solo e as ações tomadas em calibrações de ajustes em situações de pragas, doenças ou rendimento, e com isto relacionar com a produtividade do etanol na usina através de sua coordenada GPS de latitude e longitude da área de colheita.

As pesquisas demonstraram que as utilizações no campo das tecnologias de AP ainda se mantêm nos limites do uso de implementos como o piloto automático no preparo do solo, plantio e colheita, enquanto que outras aplicações mais nobres e lucrativas como aplicação de fertilizantes ou agrotóxicos à taxa variada, utilizando-se de outros equipamentos com GPS, ainda não são utilizados devido à deficiência na gestão da informação em alguns casos, e por falta de implementos integrados a banco de dados em casos mais extremos.

Na agricultura de precisão o que se evidencia é a utilização das novas tecnologias já largamente utilizadas em outros campos da indústria para otimização de processos e redução de custos (O'BRIEN, 2002), mas agora aplicados ao plantio em larga escala com controle em micro áreas, como se soubéssemos por piquetes a sua composição e formação de solo exata para o complemento com os fertilizantes necessários para tornar a área inteira com uma formação de solo equitativa em nutrientes minerais proporcionando o crescimento e cultivo mais uniforme (ALVES, 2006).

Para um resultado efetivo em AP é preciso integrar os dados ao último elo na tecnologia de imagens, conhecida como Sensoriamento Remoto, e que pode ser definido de uma maneira geral, como uma forma para obter informações que envolvem um objeto ou um alvo de maneira que não se tenha um contato físico de qualquer natureza com o mesmo. Para obter tais informações utiliza-se a radiação eletromagnética que é gerada através de fontes naturais como o Sol e a Terra (ROSA, 1992).

Este tipo de aplicação da tecnologia exige uma retaguarda de Sistemas de Informação para administrar de forma eficiente em banco de dados integrado e podem ser utilizadas para os mais diversos tipos de sensoriamento como: arqueologia, geomorfologia ambiental, recursos hídricos, uso da terra, análise de processos naturais como erosão, lixiviação e modificação da cobertura vegetal.

Dentre os tipos de sistemas utilizados no Modelo, pode-se citar:

- Sistemas de Controle e Gestão que operam nas camadas operacionais no processo;
- Sistemas de informações gerenciais;

- Sistemas de Apoio à Decisão e informações estratégicas (LAUDON & LAUDON, 2004), que utilizam tecnologias de rastreabilidade de localização por satélites com o GPS (Global Positioning System);
- Tecnologias embarcadas nas colheitadeiras e nos implementos de fertilizantes.

É fundamentada principalmente na base tecnológica de Sistemas de Informação para a melhoria de processos e na agilidade com precisão de dados e informações coletadas no campo para o fomento à inovação. Esta ideia está representada no diagrama cíclico da informação (Figura 9), onde um Sistema de Informação em formato Web facilita a comunicação de dados e permite um ambiente prático e familiar aos usuários.

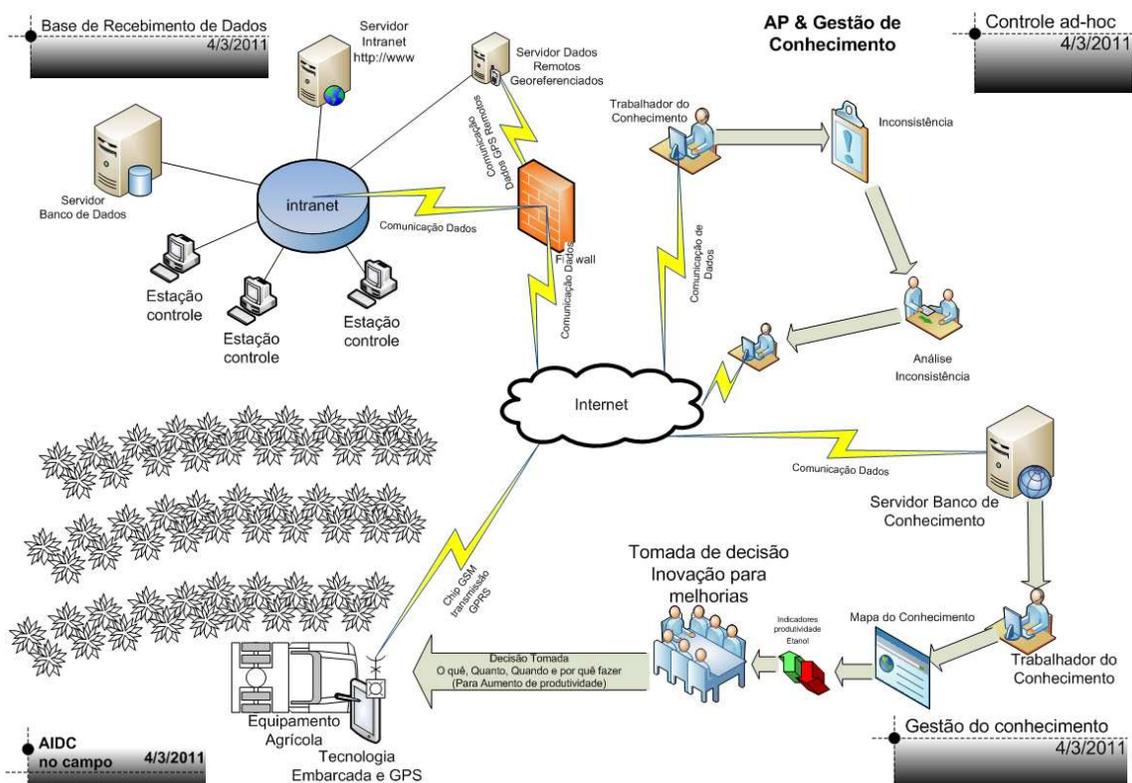


Figura 9 – Estrutura do Modelo utilizando AIDC, AP e Gestão do Conhecimento na captura de dados no campo e armazenamento em banco de dados de forma remota.

A Figura 9 representa o Modelo onde foi aplicado Gestão do Conhecimento integrado com várias outras tecnologias disponíveis como:

- Captura Automática de Dados ou Automatic Input Data Capture AIDC - utilizada para obter o máximo de dados do ambiente com o mínimo esforço humano com menor margem de erro e com processos automatizados;

- Comunicação em Rede que permite que os dados sejam automaticamente transmitidos e armazenados em bancos de dados para facilitar seu acesso;
- Armazém de Dados que possibilita sua utilização posteriormente no garimpo de informações e análises com Sistemas de Apoio à Decisão (SAD) ou Decision Support System (DSS).

2.9 Sistemas de Informação

Em uma definição simples, um Sistema de Informação é um conjunto organizado de pessoas, hardware, software, rede de comunicações e recursos de dados que coleta, transforma e dissemina informações em uma organização participando de um grupo de elementos inter-relacionados ou em interação e que formam um todo unificado. Esses grupos formados de componentes inter-relacionados trabalham rumo a uma meta comum, recebendo insumos e produzindo resultados em um processo organizado de transformação (O'BRIEN, 2002).

Os dados coletados em processos são itens significativos para a organização ou para o ambiente que a cerca e nestes casos a informação representa uma forma importante e útil para os administradores do processo onde os dados, ao contrário, é a matéria-prima bruta que trabalhada e processada geram os “produtos de informação”, ou seja, é o processamento dos dados que os transformam em informações e permitem às organizações controlar suas operações, analisar problemas, tomar decisões, e criar novos produtos ou serviços (LAUDON & LAUDON, 2004).

É através dos Sistemas de Informações que se pode criar a infraestrutura necessária e propícia para ocorrer Gestão do Conhecimento através da organização estruturada em troca de informações.

2.10 Gestão do conhecimento

Segundo a definição de (DAVENPORT, T. H., PRUSAK, L., 1998), o “Conhecimento é uma mistura fluida de experiência condensada, valores, informação contextual, e *insight* experimentado, a qual proporciona uma estrutura para a avaliação e incorporação de novas experiências e informações. O conhecimento tem origem e é aplicado na mente dos

colaboradores e nas organizações, e ainda costuma estar embutido não só em documentos e repositórios, mas também em rotinas, processos, práticas e normas organizacionais.

A Gestão do Conhecimento compreende um conjunto de estratégias e práticas utilizadas na organização para identificar, criar, representar, distribuir e habilitar a adoção de percepções e experiências. Como percepções e experiências compreendem conhecimento, seja este incorporado ao indivíduo, sejam nas organizações como processos.

O conhecimento tácito deriva do latim *tacitu*, que significa silencioso, que não emite ruído ou rumor, e segundo (POLANYI, 1957), o saber tácito não deprecia ao não ser utilizado e afirma ainda, é o único patrimônio que cresce com uso e é preciso deter o aprendizado para aprender cada vez mais o conhecimento tácito absorvido pelo indivíduo.

O avanço tecnológico, a dinamicidade das organizações na busca por novos espaços em mercados geograficamente reposicionados na competitiva globalização ocorre uma busca incessante para a produção de conhecimento (DRUCKER, 2011).

Para (DRUCKER, 2011), o conhecimento pode ser gerido como qualquer outra atividade da organização e, nas organizações atuais, a gestão do conhecimento tácito e explícito é privilegiada por constituir a base do desenvolvimento que reflete diretamente no crescimento e na sustentabilidade das organizações. Seguindo o raciocínio de (DRUCKER, 2011), este grau de importância dado é uma atividade que pode ser medida, controlada, organizada e administrada e podem ser demonstradas as diferenças entre conhecimento tácito e explícito nas organizações.

Uma organização necessita absorver este conhecimento adquirido de uma forma que o mesmo possa ser disseminado em um formato dinâmico e organizacional. Desta maneira é preciso encontrar um formato para digitalizar o conhecimento, importante para o processo de inovação tecnológica da organização (O'BRIEN, 2002), e também para colocar o conhecimento pessoal à disposição dos demais, que é a atividade central da organização geradora de conhecimento.

É preciso, portanto, considerar a cadeia da cana-de-açúcar como uma organização que gera conhecimento e transformar todo o ciclo em organizações que aprendem e segundo (SENGE, 2010), tratá-la como organização que permite às pessoas se desenvolver e preencher todo seu potencial inovando a todo o momento. Transformar o setor da cana-de-açúcar e traduzi-la em produtividade requer um esforço para ser a organização que descobre como despertar o empenho e a capacidade de aprender em todos os níveis da organização.

Ainda segundo (SENGE, 2010), novos padrões de desenvolvimento do conhecimento devem ser trabalhados como:

- Modelos Mentais – retratando as formas de pensamento correntes;
- Objetivo Comum – a visão compartilhada de um objetivo comum e não mais da individualidade;
- Aprendizagem em Grupo – diálogo e discussão de temas exploratórios;
- Raciocínio Sistêmico – Compreender a organização em sistema aberto com subsistemas em interação múltiplo com conexões múltiplas.

Na indústria sucroalcooleira conforme afirmam (LIMA & NATALENSE, 2010), há inúmeras necessidades de pesquisas, iniciando no estudo da formação de uma homogeneidade do bagaço obtido após o processo da moagem, mas que para isto, é necessário ainda de novos procedimentos a serem pesquisadas bem como estudos na área de enzimas eficientes e em larga escala em detrimento de fungos e bactérias para permitir uma obtenção do etanol pela segunda rota, ou etanol de segunda geração, que é produzido através da hidrólise do material lignocelulósico para a produção de monômeros de açúcar. Afirmam ainda que para se chegar a tal objetivo, ainda é necessário muito conhecimento sobre a forma de atuação.

Como afirma (ANGELONI, 2002), aprender é um processo que implica entendimento do passado para evitar a repetição de erros, capacitação no presente e preparo adequado para o futuro. Informa também que o processo de aprendizagem pode ocorrer de forma individual ou organizacional, sendo que a primeira deve ser analisada sob o prisma individual como referência para que se possa compreender o processo de forma organizacional, já no processo organizacional deve ser entendido como uma continuação deste anterior, mas que se caracteriza principalmente pela coletividade e pela captura dos conhecimentos dos membros da organização.

Segundo (LAUDON & LAUDON, 2004), as organizações dependem cada vez mais da tecnologia digital para habilitar processos de negócios. Cita ainda que na economia da informação, competências essenciais baseadas em conhecimento – as duas ou três tarefas que uma organização faz melhor – são patrimônios-chave da organização. Fabricar produtos ou serviços exclusivos ou produzi-los a custo mais baixo que os concorrentes baseiam-se em conhecimento superior dos processos de produção e um desenho de produto superior. Assim, saber como fazer coisas de forma eficaz e eficientemente utilizando métodos que outra

organização não consiga copiar, é fonte primária de lucro e fator de produção que não pode ser comprado em mercados externos, onde alguns teóricos da administração acreditam que tais patrimônios de conhecimento são tão importantes (se não até mais importante) para a vantagem competitiva e a sobrevivência, quanto os patrimônios físicos e financeiros.

Para se construir a gestão do conhecimento é necessário que existam trabalhadores do conhecimento, e estes fazem parte atualmente do contexto atual como os próprios atores dos processos organizacionais, mas que se encarregam de manter a produtividade e em obter novas informações sobre o processo, ou novos produtos, sejam tão importantes quanto os processos e atividades físicas da atividade. Segundo (DAVENPORT, 2005), a produtividade do conhecimento e de seus trabalhadores não será o único elemento competitivo na economia mundial. Entretanto, é provável que se torne o fator decisivo, pelo menos para a maior parte dos setores dos países desenvolvidos.

Após 15 anos de pesquisa sobre os processos de negócios e formas de como melhorá-los, (DAVENPORT, 2005) conclui que os processos mais importantes para as organizações da atualidade envolvem o trabalho do conhecimento e que no passado a necessidade se baseava em aperfeiçoar os processos administrativos e operacionais, e que agora o momento é de melhorar e capacitar os trabalhadores do conhecimento e como elaborar e manter sistemas de gestão do conhecimento.

Os trabalhadores do conhecimento (DAVENPORT, 2005) possuem principalmente níveis elevados de expertise, escolaridade ou experiência e seu objetivo principal no trabalho envolve a criação, a distribuição ou a aplicação do conhecimento, entretanto, é importante que estes níveis coexistam com uma infraestrutura para o manejo do dado, e que proporcione ao trabalhador do conhecimento o uso amplo da informação e principalmente do conhecimento.

Este é o maior desafio deste trabalho, propor um Modelo que permita, nesta Era do Conhecimento, criar uma organização entre as áreas da agricultura, usina e energia que seja capaz de compartilhar o conhecimento através de uma rede de comunicação (STEWART, 1998) e (DAVENPORT, 2005) ligando pessoas a pessoas e pessoas a dados.

A informação desde o lançamento dos computadores pessoais (PC) passou a ser sinônimo de poder e com uma rede de dados sobre toda a cadeia de produção do Bioetanol fortalece-se o setor e mantém-se a vanguarda. Com o modelo de dados que pode ser incrementado à medida que

se detecte a nova necessidade, e, principalmente sem que se perca as informações armazenadas anteriormente possui este objetivo dentro da área de concentração de gestão do conhecimento.

Entretanto, (SAVAGE, 1996) afirma que as grandes razões para estes conhecimentos ainda permanecerem presos às formas tácitas conhecidas e não à sistemas de informação que é devido à grande parte das organizações ainda possuírem a barreira organizacional que criam problemas ao absorver mais tecnologia baseada apenas em computadores e sistemas de informação e não de conhecimento. Uma das razões encontradas é a tentativa de colocar as tecnologias de 5ª geração em organizações de 2ª geração que ainda permanecem estáticas, acreditando que somente os investimentos em hardware sejam suficientes.

Integração é essencial se as organizações desejam se tornar mais responsáveis e ágeis em mercados globais e nesse sentido, a participação em redes é necessário se esperamos trabalhar mais em traçar paralelos às várias funções a ponto de multiplicar alianças estratégicas com fornecedores, parceiros e clientes. Atualmente o Brasil se encontra em posição desfavorável em relação à produtividade do bioetanol para outros mercados internacionais pela falta de informação e conhecimento à longo prazo sobre o setor global, e faz-se necessário o desenvolvimento de mapas do conhecimento, locais e globais para participar desta economia da bioenergia sustentável.

2.11 Mapas do conhecimento

Os Mapas de Conhecimento ou mapas conceituais, como também são chamados por alguns autores, são estruturas esquemáticas que representam um grande conjunto de conceitos interligados em uma rede de proposições, e que permitem demonstrar de uma forma gráfica o conhecimento sobre determinado assunto de forma organizada na estrutura cognitiva do autor (TAVARES, 2007). De uma maneira geral, os Mapas de Conhecimento são estruturas interligadas em formas de diagramas gráficos que indicam as relações entre conceitos (grafos individuais) e que podem ser interpretados como diagramas de forma hierárquica e que procuram trazer à luz da reflexão a organização conceitual de um núcleo de conhecimento (MOREIRA, 2006).

Na elaboração de um Mapa do Conhecimento, os grafos do diagrama são chamados de conceitos e as ligações entre os conceitos podem demonstrar uma ligação simples ou um sentido

dos dados ou das informações que podem levar à demonstração do conhecimento (Figura 10). O conceito raiz permite ligações de conceitos hierárquicos que seguem abaixo com a sequência das ligações. Quando estas ligações não forem precedidas de setas e também não finalizarem em formato de setas significa que não há obrigatoriamente um sentido a seguir na ligação, e são consideradas ligações bidirecionais e normalmente ocorrem em ligações hierárquicas.

A partir do exemplo do mapa de conhecimento da Figura 10, observa-se que não há uma sequência indicativa por setas em todos os conceitos, ou um padrão para se desenhar, pois o mapa do conhecimento expressa o conhecimento tácito das contribuições feitas pelos atores nos processos. A partir de informações qualitativas e quantitativas, experiências e vivências, faz-se um mapa inicial como ponto de partida a partir do conceito raiz. Três pilares foram utilizados como conceito raiz para a cana-de-açúcar: tipo de solo, plantio e cultivar, e plantio tradicional ou por precisão com GPS, por onde se partiu o Mapa elaborado neste trabalho.

O Mapa do Conhecimento foi desenvolvido na estrutura padrão do CmapTools (Figura 10) com o intuito de facilitar a leitura na medida em que foram coletados os dados em campo e na literatura existente, sendo acrescido os objetos de conceitos e criando seus vínculos. A cada bloco de conceitos foi conferido com os agricultores entrevistados e com as usinas de etanol.

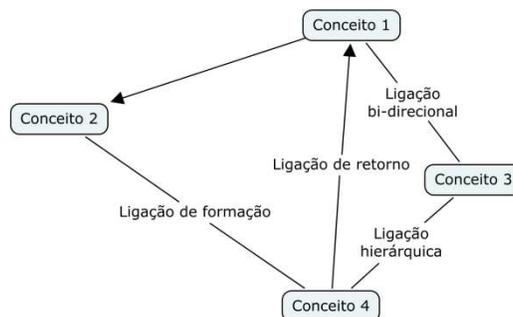


Figura 10 - Mapa do Conhecimento com exemplos de ligações e conceitos raiz e hierárquicos.

A partir do mapa inicial foram introduzidas as informações colhidas nas entrevistas e alimentadas no modelo inicial acrescentando com novos nós, que vão se interconectando e sistematicamente formando a rede do conhecimento tácito, que segundo (CARMO & TANNOUS, 2008), deve ser evitado na forma bruta e literal, e o grande desafio é transformá-lo em conhecimento explícito, evitando a vulnerabilidade da organização. O autor afirma que, criando-

se uma base de informações para conversão de informações em conhecimento explícito, é possível se fazer gestão e assim evitar a vulnerabilidade da organização através do uso da tecnologia da informação para disseminar o conhecimento e não ficar dependendo do conhecimento das pessoas, permitindo uma forma para que qualquer ator que atue no mapa em questão seja capaz de entendê-lo completamente.

Para viabilizar o desenvolvimento deste trabalho foi seguida a linha de raciocínio de (NONAKA & TAKEUCHI, 1998), que propôs um modelo para um caminho de criação do conhecimento chamado de espiral de conhecimento através de quatro quadrantes interligados em um processo contínuo, e que leva ao processo de inovação e da transformação da base de informações em conhecimento explícito (Figura 11).

No quadrante da “*Socialização*”, há o processo de interação e a troca de experiências anteriores e a elaboração de mapas mentais e mapas do conhecimento realizados com experts de cada área. A partir destes, foi elaborado um modelo para conversão do conhecimento tácito em conhecimento explícito incorporando as pessoas ao processo de mineração de dados no quadrante “*Externalização*”, como explica (SCHWARTZ, 2006).

No quadrante “Combinação”, trabalha-se como a etapa principal deste processo onde são criados os processos de sistematização dos conceitos para transformar o conhecimento explícito do indivíduo em conhecimento explícito da organização com os critérios de como será implementado e automatizado todo o processo.

Nesta última fase, encontra-se o quadrante da “*internalização*”, onde o modelo de gestão passa a ser utilizado no dia a dia como parte integrante da organização e transforma o conhecimento explícito em tácito novamente se tornando parte integrante da organização.

A escolha da estratégia competitiva, juntamente com a aplicação do modelo de gestão do conhecimento com o Modelo proposto neste trabalho na sequência das quatro classificações de (NONAKA & TAKEUCHI, 1998) é criado o ambiente propício ao processo de busca para aumento de produtividade e da geração de inovação tecnológica.



Figura 11 - Espiral do conhecimento de NONAKA e TAKEUSHI (1998).

O objetivo de encapsular o conhecimento tácito em mapas do conhecimento é fundamentado por (FLEURY e OLIVEIRA JR, 2001), quando afirma sobre a premissa da distinção entre transferência voluntária e transferência involuntária do conhecimento.

Um exemplo demonstra (Figura 11) como seria um Modelo primário em estágio inicial de desenvolvimento, onde se demonstra os caminhos da informação entre os blocos de conceitos que pode fazer com que esta transferência do conhecimento seja involuntária sem que haja uma percepção de controle desta transferência, e assim colocar em evidência as necessidades de inovação para a melhoria ou aprimoramento contínuo dos processos.

Segundo (NONAKA & TAKEUCHI, 1998), cercar e controlar a difusão do conhecimento na organização pode haver uma redução da relevância estratégica das competências o que seria inviável. Assim o que se propõe no mapa do conhecimento é apenas criar uma estrutura em rede demonstrando a forma como as informações se interconectam, como se observa na Figura 12, de modo a facilitar o todo pelo observador, que procura no mapa informações sobre eventos que podem interferir na sua atividade singular.

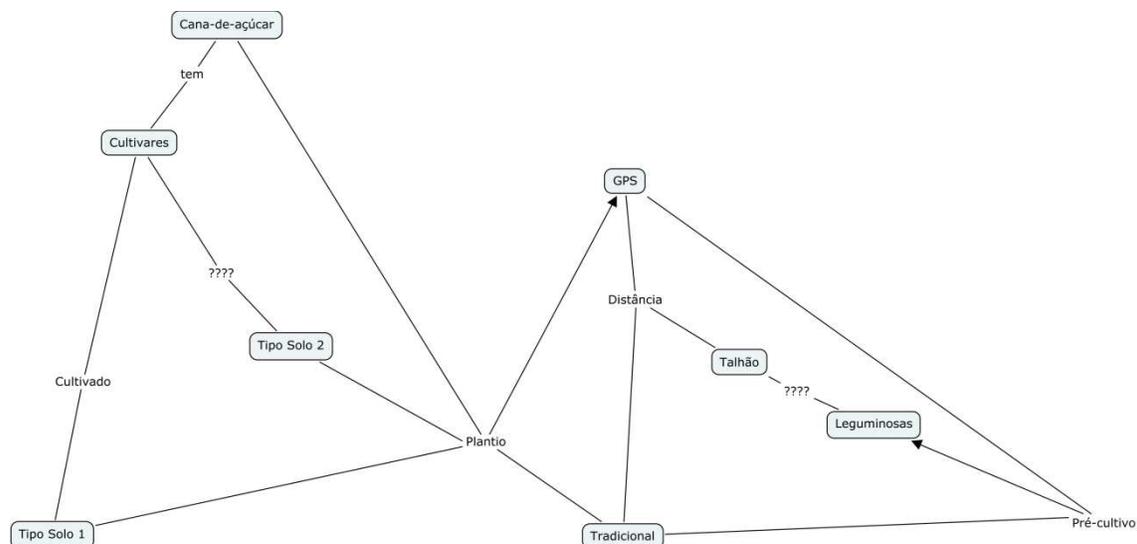


Figura 12 - Mapa do conhecimento não aprimorado.

O próximo passo foi aprimorar o mapa do conhecimento com informações mais ricas, e de forma que este possa se fechar, contribuindo para que seus usuários possam obter informações apenas visualizando e seguindo o mapa ou os mapas. O segundo mapa obtido através das pesquisas com os produtores de cana-de-açúcar foi produzido com informações mais ricas, na qual podemos verificar nas tabelas feitas com as coletas de dados que os nós aumentaram significativamente.

Ao desenvolver um mapa do conhecimento é realizado um processo de junção nos tipos de conhecimentos que se enquadram em “conhecimento tácito” e “conhecimento explícito”, este último acredita-se que seja transferível segundo (FLEURY e OLIVEIRA JR, 2001) em linguagem formal sistemática, enquanto que o conhecimento tácito é de difícil disseminação por se tratar de conhecimento que possui qualidade pessoal, incluindo o processo arraigado vinculado à ação.

“O conhecimento tácito é profundamente enraizado na ação, no comprometimento e no envolvimento em um contexto específico.”
(NONAKA, 1994).

Com os mapas do conhecimento cria-se uma visualização gráfica para uma reflexão organizacional e o favorecimento do processo de inovação através do aumento da percepção por parte dos atores que participam do processo do ciclo da cana-de-açúcar. Embora a cadeia seja

visualmente pequena e composta pelas áreas da agricultura, usina e energia, ela se move a velocidades distintas e muito mais rápidas após o corte da cana. Como representado na Figura 13, observa-se um aumento de atividades de cultivo, corte e processamento da cana-de-açúcar para a fabricação de bioetanol e açúcar.

Os mapas do conhecimento para cana-de-açúcar podem ser aprimorados com a utilização dos dados da agricultura de precisão, sendo tratados por sistemas de informação e armazenados em banco de dados na alimentação deste mapa, como o gráfico representado anteriormente na Figura 12.



Figura 13 - Atividades durante ciclo da cana-de-açúcar.

Este mapa do conhecimento recebendo dados com uso de sistemas de informações que vão selecionar e conectá-las através de relacionamentos pré-estabelecidos e, a cada inclusão de dados oferecerá uma forma de visão integrada dos tipos de conhecimentos, tácito e explícito. Assim, com a conexão destes dois tipos somados aos “feedbacks de dados”, favorecemos o conceito de organização do conhecimento que representam indicadores de desempenhos advindos das formas de coletas de dados da usina que podem ser manuais ou através de sensores durante o processo de industrialização para a obtenção do bioetanol, como p. ex., a fermentação e a destilação.

Segundo (MOREIRA e QUEIROZ et al., 2007), a forma mecanicista de armazenar o conhecimento como conhecida pela Teoria Clássica de Administração, é indicada em ambientes estáveis onde os procedimentos podem ser padronizados em processos funcionais e atividades. Por outro lado, em organizações em que as atividades necessitam de mudanças rápidas para se adaptar ou a cada ciclo de produto, as atividades tendem a ser diferentes das anteriores, e necessita-se de um procedimento de armazenamento de alta flexibilidade da forma orgânica

como, por exemplo, laboratórios de pesquisa ou salas de emergência em hospitais, onde o ambiente inóspito aos padrões convencionais é duramente visto pelo conceito de padronização.

Neste trabalho, o mapa do conhecimento objetiva gerar um modelo não estruturado do fluxo de sequências e da forma como o conhecimento flui nas etapas ou nos caminhos do cultivo da cana-de-açúcar. Neste caso, o plantio da cana-de-açúcar em cada tipo de solo gerenciado com a tecnologia de precisão encontra uma concentração diferenciada de nutrientes minerais necessárias para o bom desenvolvimento da planta, e em cada variedade encontrada teremos uma quantidade de sacarose e uma concentração não mensurável de açúcar ou bioetanol a ser obtida na usina, tampouco a quantidade de bagaço que seguirá para a termoeletrica gerar energia.

Afirma ainda (MOREIRA e QUEIROZ et al., 2007) que, com a velocidade de mudanças sociais e tecnológicas, a existência de mercados altamente competitivos e a era do conhecimento, parecem favorecer a adoção de formas organizacionais mais flexíveis e orgânicas e cita, entretanto, que há pesquisas atuais que confirmam em diversos países a adoção crescente de organizações com modelos que se utilizam de sistemas sofisticados de comunicação interna, seja esta formal ou informal, bem como horizontal ou vertical.

Para este tráfego de informações fluindo livremente neste modelo entre as três áreas, poderá utilizar-se da plataforma de Web como o meio de comunicação mais econômico e eficiente e que, nos dias de hoje faz com que a agilidade na troca de informações aprimore e acelere a velocidade na tomada de decisões para que a busca constante pela qualidade e pela quantidade de biocombustível seja mais efetiva.

2.12 Indicadores de desempenho

2.13 Produtividade da cana-de-açúcar

A produtividade da cana de açúcar pode ser definida em três diferentes tipos (BNDES; CGEE; FAO; CEPAL, 2008):

- a) Produtividade agrícola: medida pela produção em tc/ha; - toneladas de cana por hectare, e que por definição, para as usinas é a quantidade de colmos industrializáveis por unidade de área.
- b) Produtividade industrial: medida pela produção de bioetanol em litros/ton;
- c) Produtividade agroindustrial: medida pela produção de bioetanol em litros/ha.

No desenvolvimento deste trabalho foi observado que a importância dos indicadores para as usinas é de litros gerados pelos colmos por unidade de área de acordo com a definição de produtividade, mas no momento das aferições e do recebimento da cana-de-açúcar na usina são considerados como indicadores o Açúcar Recuperável (AR), o Açúcar Total Recuperável (ATR), que são aferidos na mesma análise para as formas de pagamentos aos agricultores, e é baseado em uma média para o Estado de São Paulo, a ATR de 135kg/tc.

- AR = Açúcar Recuperável
- ATR = Açúcar Total Recuperável
- Na mesma análise é retirado a AR e a ATR
- Média da ATR no estado – 135kg/tc.

A análise da cana bem como de sua produtividade depende do estágio da cana-de-açúcar e seu estágio fenológico como, por exemplo, 3º mês, 5º mês, 1º corte, 2º corte, e assim por diante, e a produtividade da cana-de-açúcar é considerada segundo (WACLAVOVSKY, 2010), com seus máximos comerciais e as máximas teóricas já obtidas em estudos. Estudos estes que podem ser confirmados pelas médias históricas reais das fazendas obtidas através das entrevistas com usinas onde foi possível obter taxas de produtividades de 125 tc/ha na fazenda (COSAN, 2011) sugerindo que no estudo da média podemos obter 85 tc/ha em algumas áreas, como também 150 tc/ha em outras, e que, como resultado final médio obtém-se 125 tc/ha.

2.14 Pontos de controle para medição de produtividade

As informações de produtividade em quilos, medidos por área e pesados pela colheitadeira no momento do corte e com as coordenadas de GPS são alguns dos pontos de controle para medição de produtividade e geração de informações por AIDC que podem ser obtidas. O que foi

encontrado em campo durante as entrevistas com agricultores (FIORIN, 2011) foram algumas das formas como são controlados o peso da colheita da cana-de-açúcar atualmente. A pesagem é realizada na chegada às usinas e na sequência é feito o descarregamento e a cana-de-açúcar segue para a moagem de onde ocorre a retirada do caldo por moinhos que realizam o esmagamento da cana-de-açúcar. Por um processo de amostragem é aferido a quantidade e a qualidade do caldo com referência ao índice de sacarose. Entretanto perde-se a localização exata da produtividade por ainda não haver uma vantagem em se medir com exatidão a localização da área da colheita em relação à produtividade do bioetanol, ou seja, o processo de colheita na forma atual não permite que se faça com precisão o carregamento da cana-de-açúcar em uma determinada posição das coordenadas do campo e se mantenha este posicionamento GPS, e ainda o controle na usina, a produtividade em peso, ou índice de sacarose específico.

Um indicador de desempenho que oferece grande vantagem deve informar a localização exata do ponto onde a produtividade de cana-de-açúcar foi menor dentro de um mesmo talhão. Tais indicadores que antes eram colhidos no campo de forma grosseira e sem critério, necessitam de maior controle. É também imprescindível obter a resposta de nutrientes do solo versus produtividade, da vinculação da área, da cana-de-açúcar colhida e produtividade de sacarose, de forma que se torne uma informação que gere conhecimento.

a) Corte e Colheita no campo

No processo de corte da cana-de-açúcar há o modelo de corte manual tradicional e o modelo de corte mecanizada, em ambos os casos os benefícios são diferentes, e em alguns casos podemos ter decréscimo de produtividade em detrimento de uma escolha. Entretanto os reflexos de tais prejuízos são percebidos em longo prazo, como se percebeu neste estudo no caso da cigarrinha (GLOBO, Cigarrinha na Fazenda Tarumã, 2007), que quando encontrada no campo devido ao processo de colheita mecanizada e ausência da queimada, propicia a proliferação do inseto que ataca a raiz da planta e chega a provocar uma diminuição da produtividade na ordem de 30%.

b) Espera para carregamento

No processo de transbordo quando a cana não é picada no campo há perdas de umidade e consequentemente de sacarose. Quando a cana permanece no campo por um longo período (mais de um dia) a perda de sacarose é considerável, o que torna o processo de colheita mecanizada mais rápida e viável por se colher e no mesmo dia efetuar o transporte para a usina.

c) Transbordo e controle com GPS e número de carga

Atualmente ainda não há uma maneira eficiente para o controle do transbordo e que seja utilizado o GPS de forma adequada e que realmente permita vincular a área plantada à produtividade do bioetanol. No presente, ainda não é vantajoso do ponto de vista econômico, segundo entrevistas aos especialistas do setor.

d) Moagem

Na moagem da usina de cana, o recebimento da cana sofre inúmeros processos até a chegada à moenda, logo os indicadores de desempenho deveriam vincular o início de um talhão e o fim deste talhão aferindo assim a produtividade. Apesar de existir controles para tentar correlacionar qual o talhão que segue para a usina, ocorre situações onde se termina a colheita de um talhão e há espaço disponível no treminhão de transporte, e assim, inicia-se a colheita de outro talhão de cana para completar o transporte. Obviamente o custo do transporte encarece se o mesmo prosseguir vazio, o que não é interessante, seja para o agricultor, seja para a usina.

Assim para identificar a área e sua produtividade é preciso deixar claro a aplicação do conceito de agricultura de precisão, onde no passado a precisão se dava por fazenda de cana-de-açúcar, depois a precisão diminuiu para uma área de plantio e cultivo, e com o aprimoramento da tecnologia e controle de precisão passa a ser por talhão de cana-de-açúcar. Sendo que atualmente o uso de coordenadas GPS possibilita melhorar ainda mais a resolução da área de cultivo. O Modelo permite utilizar todas as classes de precisão, macro, médio, micro e nano, grosseiramente denominadas neste trabalho. Quanto maior a precisão, e maiores as integrações entre áreas do conhecimento, maior a possibilidade de inovação (NONAKA & TAKEUCHI, 1998).

Capítulo 3

Metodologia

A metodologia de trabalho é uma revisão da literatura na busca de elementos para a definição do ponto de partida para a elaboração de um cronograma que pudesse ser compatível com um ciclo de cana-de-açúcar, e assim acompanhar os processos principais da colheita e plantio, e durante o tempo de manejo da cultura, o desenvolvimento do Modelo.

Durante a elaboração do trabalho, contou-se com visitas a fazendas de cana-de-açúcar para entrevistas pessoais a produtores agrícolas e às usinas de álcool bem como a verificação *in-loco* de elementos importantes citados em artigos, como por exemplo, processos de escolha das mudas, preparação para o plantio, manejo, quantidade de folhas verdes, folhas secas, tamanho do colmo, altura da planta e distâncias entre plantas, e entre linhas, até os procedimentos para a colheita. Foram utilizadas também as informações coletadas nos meios de comunicação (mídia) e entrevistas na Internet.

A metodologia de desenvolvimento do Modelo, foi elaborada através do desenvolvimento inicial em conjunto com o levantamento de informações de um mapa do conhecimento (Figura 12) utilizando-se o software IHMC CmapTools, na versão v5.04.02 for Windows, desenvolvido pelo *Institute for Human, and, Machine, Cognition, A University Affiliated Research Institute* para a captura do conhecimento tácito e elaboração das ligações dos nós de conhecimento. Os conhecimentos levantados foram tratados no Cmap como conceitos, e a elaboração do *Modelo* desenvolvido (Figura 19), culminaram na união de diversas tecnologias e ferramentas para o dado e a informação para transitar horizontal e verticalmente, transformando-a em trans-informação (LAUDON & LAUDON, 2004), que trafega através das diversas áreas da organização e tecnologias como Agricultura de Precisão. Foram utilizados equipamentos dotados de tecnologia de GPS e também de captura de atributos (características) da planta e do solo no campo, que é transferida para o software diretamente em uma central por meio de comunicação de GPRS ou através de importação simples de dados por arquivos, textos, ou por planilhas de cálculos, que se tornou um processo mais simplificado de uso.

Para converter dados capturados ao banco de dados MySQL, versão 5.1.37, utilizou-se um Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD), que utiliza a linguagem Structured Query Language (SQL). Foram utilizados vários tipos de índices e chaves primárias para cada tabela do tipo identificador (ID), para tabelas de dados (Figura 14) que vinculam através dos relacionamentos (constraints) das tabelas de dados aos grafos individuais do mapa do conhecimento, que foi elaborado através de entrevistas pessoais, visitas a campo e literatura especializada. Ao capturar as imagens, estas são enviados ao Modelo, onde é realizada a análise por quadrantes que separa e transforma a imagem em dados (Figura 15) para o sensoriamento remoto.

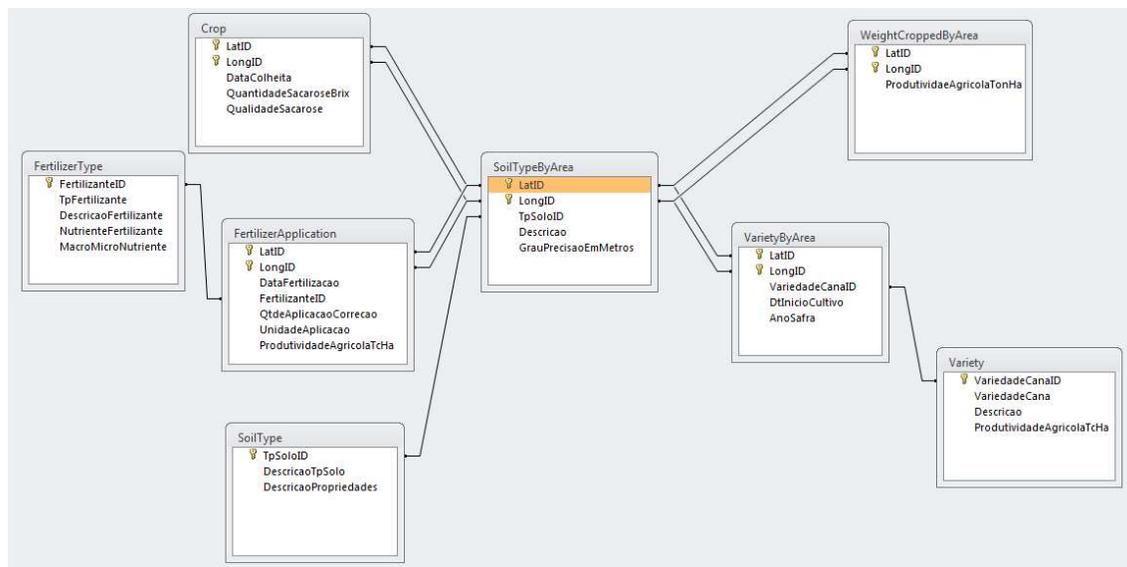


Figura 14—Estrutura de Dados em formato relacional das tabelas.

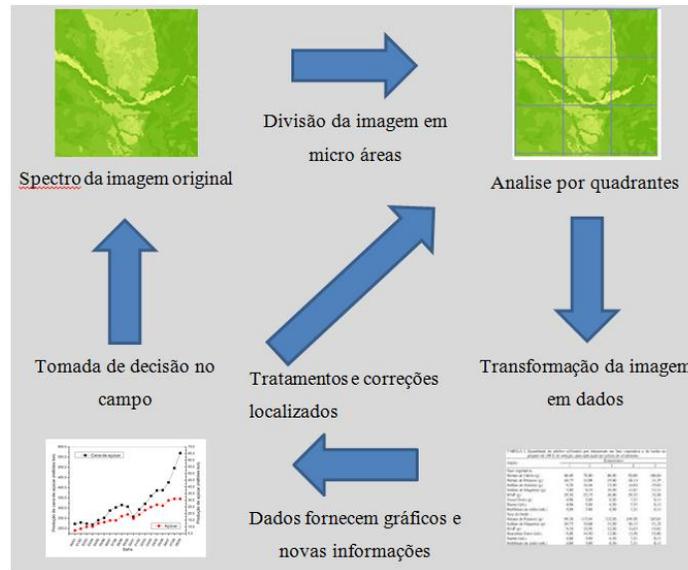


Figura 15- Sensoriamento Remoto - transformação da imagem em dados.

3.1 Coletas de dados

Para o tipo de pesquisa em questão foi utilizado do ponto de vista pesquisa descritivo-exploratória (GIL, 1991), que tem o objetivo de descrever características de determinada população ou fenômeno para descobrir um estabelecimento entre variáveis. Neste tipo de pesquisa o formato utilizado foi o levantamento em campo com entrevistas e algumas questões padronizadas para a comparação na coleta de dados bem como a observação sistemática do tipo qualitativo e quantitativo do agricultor utilizado durante o manejo no ciclo de vida do produto.

As entrevistas da pesquisa e análise se concentraram nos agricultores, engenheiros agrônomos nas áreas de plantios, e pesquisadores, pessoas que participam no ciclo de vida do produto na fabricação do bioetanol.

Neste tipo de pesquisa descritivo-exploratória foi utilizado o procedimento técnico de pesquisa bibliográfica sobre os materiais já publicados sobre o assunto, que auxiliou na condução das entrevistas e também para observação sistemática que, baseado em um planejamento, seguiu-se sob condições controladas que esclareceram dúvidas pré-estabelecidas.

Foi elaborado um questionário de perguntas do tipo abertas de forma a abranger grande parte das confirmações de disponibilidade de procedimentos factíveis na literatura, e na sequência, foram tratadas com padrões estatísticos (BARBETTA, 1999).

3.2 Modelo

A organização deste *Modelo* foi preparado para desenvolver diversas áreas do conhecimento e, justamente por pertencer a uma classe de multidisciplinaridade do conhecimento, tornou-se necessário contrapor opiniões e separar posições e visões de vários ângulos para se criar o processo de inovação, e gerir o conhecimento de forma adequada (NONAKA & TAKEUCHI, 1998).

Para que a busca da inovação ocorra é preciso que se proporcione como resultado o aumento na produtividade da cana-de-açúcar, bem como da sacarose para a produção do bioetanol baseado em dados e informações devidamente tratadas e armazenadas em uma base de informações que propicie a extração de conhecimento, tornando real o processo de Gestão do Conhecimento.

Para alcançar este fim, foram necessárias neste estágio do desenvolvimento do modelo que fossem levantadas as informações da base tecnológica atual, e em outras áreas do conhecimento, como é o caso da agricultura tradicional, agricultura de precisão, sistemas de informação, banco de dados utilizados, etc.

Em todos os elos da corrente foram coletados dados para alimentação do mapa do conhecimento proporcionando a melhoria contínua de processos, baseando-se em informações de diversas áreas integradas do ciclo da cana-de-açúcar. Durante a elaboração do Mapa do Conhecimento foi necessário efetuar novos contatos com agricultores e usineiros consolidando algumas sequências de como ocorrem nas trocas de dados e informações. Na elaboração das visitas e contatos pode-se verificar com grande importância no mapa do conhecimento a necessidade de definição dos momentos para a captura do conhecimento tácito e elaboração das ligações dos nós de conhecimento. Assim sendo, foi separado em áreas no mapa do conhecimento, onde estas áreas poderão definir determinados pontos de controle para a captura de informações.

Durante o desenvolvimento das pesquisas e observações ao Modelo desenvolvido inicialmente (Figura 16), de baixo para cima temos a camada do Campo, que é composta por Agricultura de Precisão coletando informações no campo manualmente ou por AIDC (Automatic Input Data Capture), e fornecendo dados para os Sistemas de Informação tratar e armazenar o dado bruto ou processado em Bancos de Dados, que devem alimentar o Mapa do Conhecimento.

Nesta camada denominada “Campo” os dados e informações advindos dos sistemas alimentam a base do conhecimento e populam as tabelas de dados, e é nesta camada do modelo que ocorrem as trocas de informações de forma horizontal e livre de hierarquias estruturais da organização.

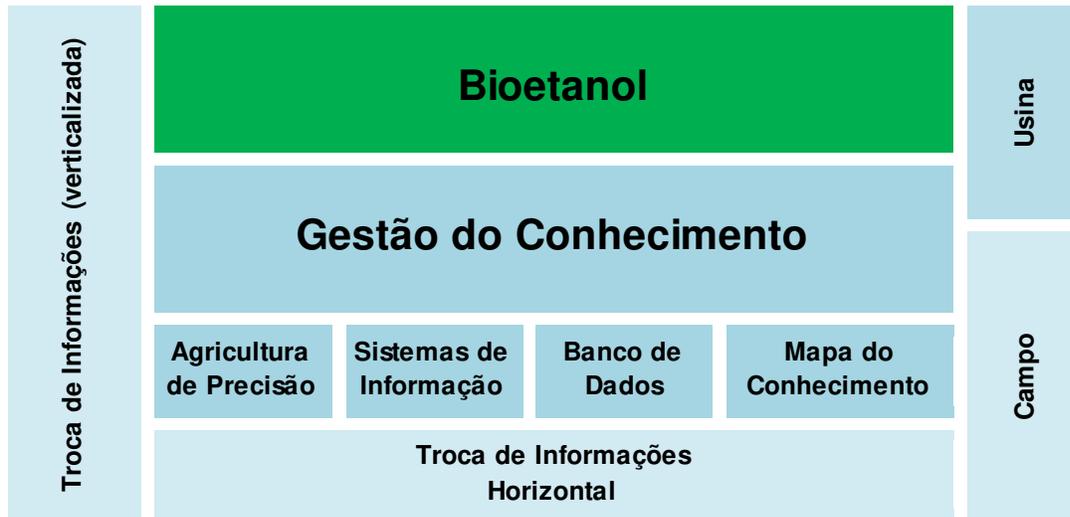


Figura 16 - Modelo de Gestão do Conhecimento do Bioetanol.

A conexão coordenada destes quatro elementos que formam a camada “campo” e alimentam verticalmente o modelo até a camada Usina e passando pela Gestão do Conhecimento. Para se alcançar um modelo de gestão do conhecimento foi necessário entrevistar os produtores de cana-de-açúcar sobre seus procedimentos de cultivos tradicionais e desenvolver primariamente o levantamento dos dados que seriam utilizados no campo e na usina.

Após as entrevistas, foi feito a definição do fluxo de dados e seu tráfego pelo Modelo conforme Figura 17.

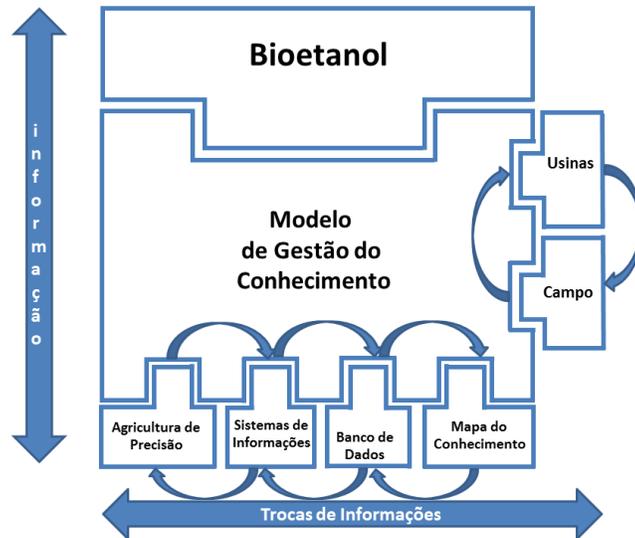


Figura 17 - Modelo de Gestão de Conhecimento e fluxo dos dados.

Foram selecionados dentre os dados necessários os mais importantes para cada área e os dados necessários em comum. Estes dados foram separados em tabelas dentro do banco de dados e desenvolvidos numa modelagem para se vincular as tabelas dentro do banco de dados onde ficarão armazenados os dados recebidos pelos equipamentos ou sensores da agricultura de precisão com seus respectivos posicionamentos em coordenadas geográficas, e assim estruturar a primeira base bruta de dados ainda não tratados e transformados em informações. Em seguida foram entrevistados outros agricultores, técnicos e engenheiros agrônomos que fazem uso do cultivo da cana-de-açúcar e especialistas na área de agricultura de precisão, e assim adicionar informações no modelo inicial que sejam importantes para inferir na gestão do conhecimento.

Dados como coordenadas geográficas acompanham todo o modelo na Agricultura de Precisão justamente para informar o que acontece no campo com a maior confiabilidade possível. Em seguida à coleta inicial (Figura 18), através de pesquisas qualitativas, foram selecionados os tipos de dados mais mencionados pelos profissionais da área de cultivo da cana-de-açúcar. Assim, a cada citação por um entrevistado foi adicionado um ponto criando um critério de ranking dos dados mais importantes. Coletados os dados principais nas entrevistas, iniciou-se o cruzamento destas informações com a literatura existente, e desenvolvida o modelo final que auxiliou para o processo de gestão do conhecimento, observando-se a sequência da obtenção da primeira estrutura de dados para a elaboração do modelo de gestão de conhecimento (Figura 14).

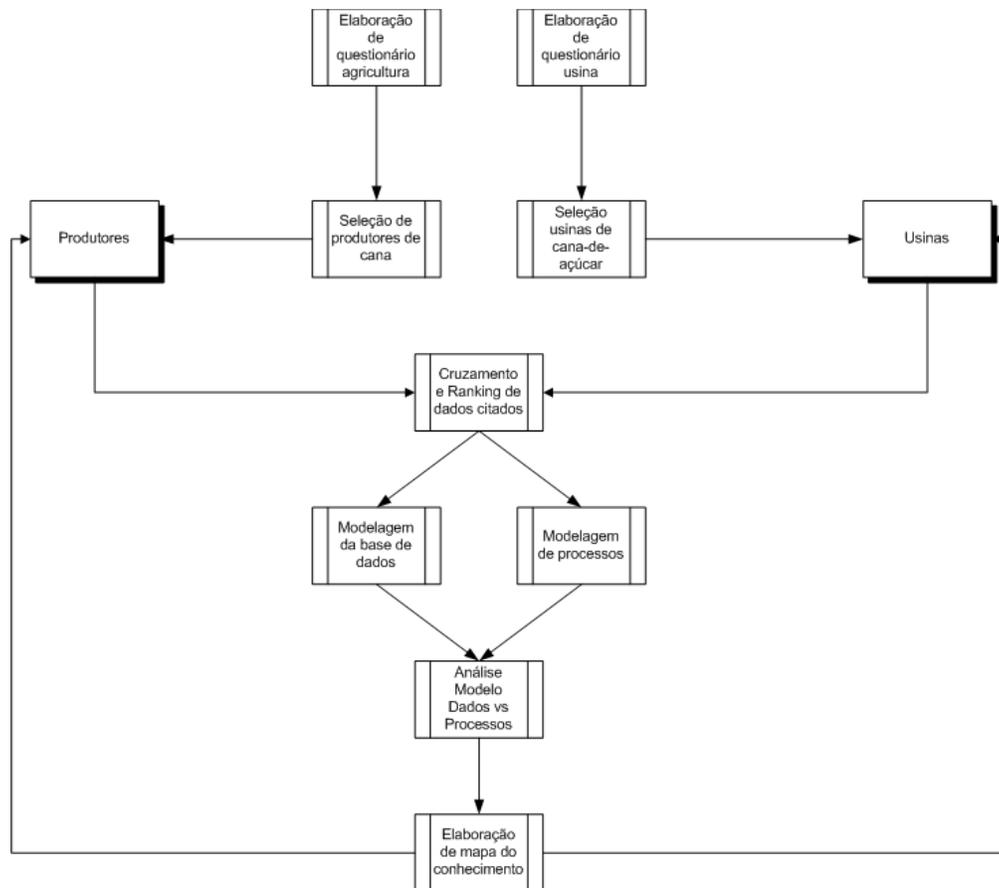


Figura 18 - Processo de Coleta de Dados.

3.3 Integração de dados em um mapa do conhecimento

A integração de dados que são colhidos através da base de dados do conhecimento através de entrevistas, reportagens e indicadores obtidos a partir dos processos e das etapas nas usinas é realizada de forma que alimentem processo a processo do mapa do conhecimento, e com esta tarefa, este mapa ganha informações e passa a compor o modelo de gestão do conhecimento.

Percebeu-se que a cada revisão e a cada nova entrevista os mapas do conhecimento ficavam mais aprimorados e o Modelo foi sendo delineado dentro da estrutura de software, modelo de dados, integração com equipamentos e formatação para ambiente Web.

3.4 Populando dados e inovando processos

À medida que a população de dados começam a ser processados, e seus resultados ou *produtos de informação* começam a alimentar o mapa do conhecimento, o processo de troca de informações entre as áreas começou a ser comprovado com os entrevistados, agricultores e usinas, para definir a manutenção ou a exclusão da informação no modelo. Para ocorrer de forma transparente, o procedimento de transformação do conhecimento tácito acumulado em conhecimento explícito utilizou-se a espiral do conhecimento.

Neste processo de transformação de informação em conhecimento a metodologia foi vincular cada tabela da base de dados do conhecimento (que se encontra na forma relacional) aos grafos do mapa do conhecimento e, desta forma, permitir com que os dados possam sugerir mudanças ou processos de inovação e melhoria.

As informações vinculadas às coordenadas geográficas advindas dos equipamentos utilizados para a Agricultura de Precisão agregam dados, e em alguns casos imagens, e são chamadas de geoinformação. A geoinformação é o elemento chave para o cumprimento do ciclo dos produtos de informação para a utilização plena na agricultura de precisão.

3.5 Ferramentas utilizadas

3.6 CmapTools

Foi utilizado o CmapTools para se desenhar os mapas do conhecimento que gerou ao fim do trabalho o Modelo. O software IHMC CmapTools utilizado foi a versão v5.04.02 for Windows, 64Bits para ser utilizado em uma configuração mínima de 512 MB de RAM em versão para sistemas operacionais com arquitetura de 64 bits.

O CmapTools é um software que armazena o conceito em forma de grafo, e neste inicia a proposição de ligações e caminhos para a conexão dos nós de conhecimento, onde cada nó de conhecimento é tratado como conceito.

O software CmapTools é indicado pela literatura por uma estrutura não lógica, mas sim uma simples conexão entre os elementos que possam sugerir um caminho de informações que geram

conhecimento ou mapas conceituais. Mapas estes que não se relacionam ou que não são originários de um diagrama de fluxo de dados, estrutura de dados (Figura 14), mapa mental, tampouco de um fluxograma de processos.

Para utilizar o CmapTools é necessário criar os objetos conhecidos como conceitos e cada um destes conceitos recebem duas ligações para o usuário conectar e estas conexões vinculam dois outros conceitos formando um caminho que pode ser o caminho da informação ou o caminho da decisão. Entretanto, como o conhecimento por vezes não é formado por uma sequência lógica, não há um rigor nestas ligações. O mapa do conhecimento final obtido através das pesquisas e das entrevistas com agricultores proporcionou elaborar os grupos de gráficos para o modelo de gestão do conhecimento.

3.7 Banco de dados

O Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD) foi o MySQL para criar as tabelas de consultas de integração entre a base de dados bruta e os mapas do conhecimento que foram vinculados através de uma tabela, os relacionamentos entre os dados e o mapa para a geração dos gráficos, sendo a versão utilizada, a 5.1, instalada em um sistema operacional de arquitetura 64 bits com linguagem utilizada para a criação das tabelas em script SQL no padrão ANSI sem nenhum comando especial. Foram criados índices para cada campo do tipo identificador (ID).

O banco de dados ofereceu alto desempenho, que é uma necessidade para se encontrar a informação desejada, e ofereceu um tempo de resposta adequado para se explorar o conhecimento explícito depois de armazenado adequadamente. Não se encontrou necessidades extras que sugerissem a busca por um novo SGBD, ou um banco de dados que oferecesse recursos não cobertos pelo banco relacional.

O SGBD MySQL é criado a partir das estruturas que foram definidas durante o levantamento de dados e as pesquisas. Na Figura 14 é demonstrado o relacionamento entre as tabelas de dados dos registros levantados no campo pelo agricultor, que recebe os lançamentos durante o manejo da cultura, e estas são relacionadas às outras tabelas através dos campos de identificação (ID) para permitir que as consultas SQL retornem a informação desejada de todo o

conjunto de tabelas, sendo que seus dados fornecem informação e conhecimento nas interfaces do Modelo.

3.8 Internet e Intranet

A plataforma da Internet em ambiente Web foi utilizada como base de comunicação por se tratar de um modelo funcional de troca de informações que operam baseados no protocolo TCP/IP, que permite a uma base de dados percorrer pelos caminhos da rede mundial através de celulares com transmissão de dados GPRS e computadores pessoais (PC) de forma rápida, segura, e a um baixo custo por Intranet, e até mesmo no campo, com a tecnologia embarcada com os equipamentos disponíveis no mercado aplicados à tecnologia de precisão.

Apesar do desenvolvimento do software, que compõe o Modelo executar em ambiente Web, sua utilização prática aconteceria dentro de uma Rede Privada Virtual (VPN-Virtual Private Network) na Intranet ou Extranet, e em ambiente fechado, e não aberto para a Internet por questões de segurança dos dados.

O desenvolvimento contou no início apenas com a organização dos dados para gerar conhecimento, entretanto, com o decorrer das pesquisas e entrevistas, percebeu-se que o sensoriamento remoto através de imagens é importante para compor o Modelo. Foi também detectado que a análise de previsão de produtividade baseada na experiência do agricultor para cada atributo do campo seria necessário com o desenvolvimento em conjunto das curvas de calibração que são definidas pelo agricultor.

No Modelo as usinas analisam os dados lançados e percorrem o banco de dados para as análises. Foi observado através dos vídeos televisivos de reportagens que alguns tipos de análises por coloração podem ser realizados na planta, e o desenvolvimento do ambiente remoto pode contar até o momento com o sensoriamento remoto micro, com fotos de equipamentos móveis como Pocket-PCS ou smartphones.

O desenvolvimento do algoritmo é baseado nas curvas de calibração e nas correções propostas pelo agricultor, que pode contar com uma análise prévia externa ao modelo para definir o fator de correção para aumento da produtividade. Foi utilizando também o indicador de

produtividade máxima comercial de $148 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (WACLAVOVSKY, 2010), como a média a ser alcançada pela área do atributo após a adoção do fator de correção.

Capítulo 4

Resultados e Discussões

4.1 Mapa do conhecimento

Através das pesquisas com base nos dados obtidos da área agrícola durante os procedimentos de revisão de literatura, entrevistas e nos acervos de vídeos da Internet, foi elaborado um mapa do conhecimento que abrange todo o ciclo de produção da cana-de-açúcar, bem como a análise do índice da ATR (Açúcar Total Recuperável). O resultado prático do desenvolvimento deste mapa foi a quantidade de perguntas e dúvidas bem como a quantidade de informações que envolvem a cadeia da cana-de-açúcar. Durante a elaboração do mapa, as entrevistas se enriqueceram e as abrangências a assuntos se aprofundaram, e ao demonstrar o mapa do conhecimento ao agricultor ou usineiro, surgindo novas sugestões ou relembrando situações não cobertas no trabalho, em alguns casos fundamentais para estabelecer uma visão global e abrangente dos problemas a serem resolvidos.

O Mapa do conhecimento contribuiu durante sua elaboração para que não se extrapolasse o território da cadeia da cana-de-açúcar, e se estabelecesse os caminhos da informação, que geram conhecimento. Caminhos estes que demonstram ao analisar o caminho da informação, que todo o restante da cadeia se relaciona diretamente à escolha do cultivar da cana-de-açúcar e do tipo de solo, levando em consideração que se houver algum ponto de baixa produtividade devido ao empobrecimento do solo ou até mesmo dado pela saturação por um ou outro nutriente. Assim todos os processos após a escolha do cultivar em relação ao tipo de solo são de certa forma, corrigíveis, ou seja, por muitos dos outros elos de conceitos no mapa do conhecimento se tratar de processos de gestão, onde alguns são logísticos em casos de colheita e transbordo, e outros estratégicos, como a escolha do que será produzido com a sacarose da cana-de-açúcar nas duas escolhas disponíveis, como açúcar ou bioetanol.

Um dos resultados práticos do mapa do conhecimento foi o estabelecimento do ponto onde o ciclo do campo se encerra e iniciam-se os processos da usina, e mesmo com o término dos

processos da usina e o alinhamento ao feedback de informações para o o ciclo do campo (Figura 19).

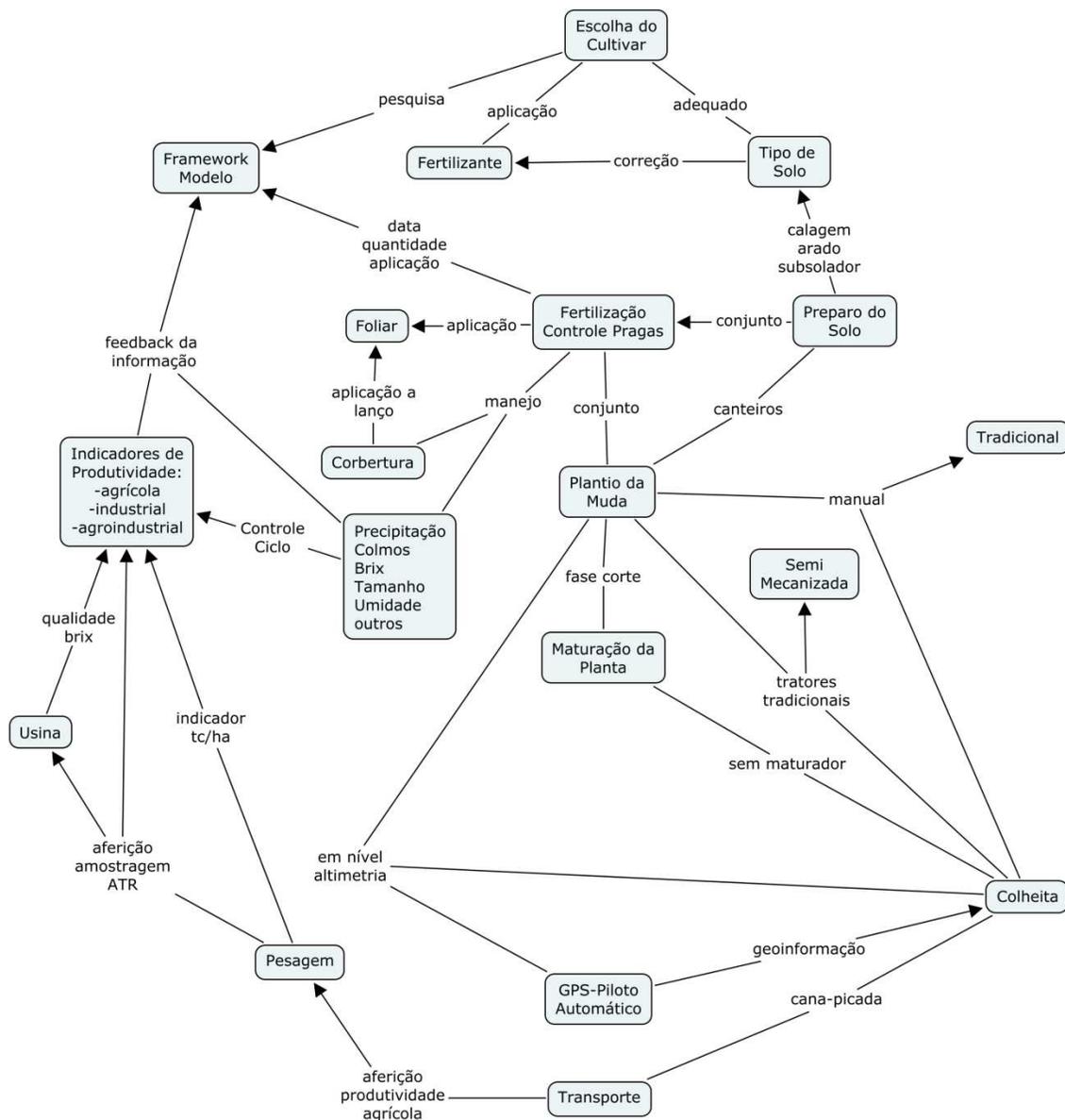


Figura 19 - Mapa do conhecimento estruturado após coleta dos dados.

4.2 Benefícios da gestão do conhecimento com Agricultura de Precisão

Este resultado demonstra que a inovação surge da observação global das atividades, indicando que a miopia do todo fecha a criatividade para novos horizontes e impede o aumento

da percepção da necessidade de melhorias. Entretanto, em algumas sugestões de melhoria de processo fica claro a elaboração de novos planejamentos de objetivos anteriormente não existentes, criando-se o momento de adoção da metodologia de melhoria da qualidade do ciclo Plan-Do-Check-Act (PDCA), ou Planejar-Fazer-Verificar-Agir, e sempre criando novos indicadores de desempenho, que é fundamental sua implementação (LEBAS, 1995). Uma política de gestão para que haja o controle da melhoria, o que sugere que o modelo de gestão do conhecimento controlando os indicadores de produtividade de cana-de-açúcar a partir de um planejamento prévio da malha a ser utilizada e por coordenadas geográficas em função do sensoriamento remoto e das implementações de melhorias localizadas no tratamento a taxas variadas permitirá que a percepção por novas ações ainda não adotadas, ou ainda, mais modernas sejam realizadas na busca por resultados maiores de produtividade em toneladas de cana por hectare, bem como, por mais sacarose no momento do stress da planta.

4.3 Modelo e a aquisição de dados no campo

Uma das condições necessárias para que o Modelo pudesse ser considerado dinâmico de forma a se adaptar às mudanças do setor foi o desenvolvimento de uma interface que permitiu ao agricultor ou à usina criar uma nova variável dentro do Modelo, e que a mesma pudesse ser coletada no campo.

As variáveis ou atributos são criados no sistema de acordo com as necessidades a serem apontadas no campo. Desta forma o agricultor, durante o ciclo da cultura, coleta as informações através de um equipamento portátil equipado com GPS e uma interface personalizada que alimenta remotamente uma base de dados. Os seguintes dados compõem a base de informações de cada registro criado:

- Data
- Hora
- Coordenada GPS
- Tipo de Atributo
- Aferição.

O armazenamento de dados permite a geração de mapas temáticos futuros, que mostram as evoluções dos atributos por coordenadas ao longo do tempo, melhorando a interpretação dos

índices de produtividade por pessoas que não estavam na área antes de determinada data, ou seja, um incremento nos índices de produtividade se deve a algum fator, seja este a mudança da variedade, seja o tratamento de correção para tornar o solo mais homogêneo em toda a extensão da área de cultivo, seja através de outros fatores climáticos que influenciaram no resultado final da ATR na chegada da cana-de-açúcar à usina.

Ao longo do ciclo da cultura foram tomadas decisões baseadas nas informações fornecidas pelo agricultor, mercado ou pelo Modelo. Estas informações permanecem armazenadas no banco de dados da cultura, e através destes dados é possível verificar se algum fato ocorrido, decisão tomada, ou fator climático foi o responsável pelo resultado final.

Uma parcela do tempo de desenvolvimento deste trabalho como parte do Modelo foram destinados para uso de equipamentos móveis, como Smartphones (Figura 20) e Pocket-PCs (Figura 21), para captura rápida e prática de informações com as coordenadas geográficas integradas aos dados. Ao longo do desenvolvimento desta pesquisa, não foram encontrados sistemas e metodologia para a medição e captura de dados de atributos dinâmicos que estejam integrados a um banco de dados e permita a criação e a escolha dos atributos para suas aferições no campo.



Figura 20. Interfaces em celulares Smartphones para coleta de dados de atributos dinâmicos em campo.

Uma interface acessível e simples para utilização maciça e facilitada foi desenvolvida para uma interface para Celulares Smartphones que utilizam o sistema operacional Windows Mobile (Figura 20), demonstrado em exemplo de interface.



Figura 21 - Interfaces para Coleta de dados de atributos dinâmicos em Pocket-PC.

Um dos resultados obtidos neste trabalho de pesquisa foi encontrar os modelos matemáticos adequados para a predição da produtividade da cana-de-açúcar, não sendo utilizados fora do ambiente de pesquisa devido à grande quantidade de atributos necessários para ser coletados no campo. Uma forma automatizada e dinâmica foi desenvolvida a partir desta necessidade de se operacionalizar os modelos matemáticos com dados que não dependem de equipamentos específicos, mas sim de armazenamento de dados coletados com as coordenadas geográficas indexadas e datas automáticas para o banco de dados, como por exemplo, o tamanho

do colmo, altura da planta, tipo de vegetação predominante que identifique padrões do solo, quantidade de folhas verdes, quantidade de folhas secas, entre outras que pudessem ser de uma forma dinâmica, cadastrada pelos elos da cadeia da cana-de-açúcar, e de uma forma *on-line*, ser coletada com o equipamento no campo.



Figura 22 - Interface para captura de imagens com transmissão direta para usina.

A interface mais particular e que demonstra claramente a aplicação do compartilhamento do conhecimento é o módulo para a captura de imagens com o pocket-pc que transmite diretamente a imagem ao Modelo para análises (Figura 22).

4.4 Análises permitidas no Modelo no tratamento de imagens

4.5 Análise de produtividade por tratamento de imagem

As imagens para o tratamento são lançadas do sistema de uma forma rápida em ambiente Web, onde cada imagem tem sua curva de calibração, devido à necessidade de se analisar uma característica diferente a cada imagem coletada.

Os espectros de luz utilizados na composição das imagens correspondem a diferentes tipos de atributos, resultando em uma grande variedade de análises. Um módulo de análise percentual

por cores para a discriminação de níveis percentuais de ocupação da imagem, e seu respectivo indicador de produtividade, permite o cadastramento de curvas de calibração dos atributos e aguarda no cadastramento das curvas os respectivos valores ótimos obtidos após as correções no campo, assim como uma estimativa da produtividade após a correção.

As correções que podem ser das mais diversas formas escolhidas pelo agricultor podem ser, por exemplo, adubação de cobertura, aplicação de agrotóxicos para atacar determinadas pragas e doenças com maior foco nas áreas mais atingidas entre outras formas de manejo, que seriam realizados em áreas localizadas de acordo com o grau de necessidade, tornando a aplicação à taxa variada uma realidade prática.

Como os resultados demonstrados no Modelo são compartilhados, e suas análises em ambiente Web de forma rápida e dinâmica são de fácil acesso com interpretação numérica visual simplificada, a aplicação à taxa variada não fica comprometida no manejo da cultura, e assim todos os usuários do mesmo ambiente podem aumentar a percepção às respostas no cultivo.

Podem ser realizadas inúmeras análises simultâneas e por usuários diferentes, o que permite um uso mais efetivo da ferramenta. A Figura 23 ilustra alguns exemplos das imagens para sensoriamentos remotos realizados durante as pesquisas e o desenvolvimento do Modelo para a obtenção de resultados.

No. Mapa	Descrição do Mapa Temático	Caminho Arquivo	Nome do Arquivo do Mapa	Largura (m)	Comprimento (m)
1	Foto Satélite - Mapa Temático Vegetação	./img/	yolo_whc.png		
2	Micro região plantio - Mapa temático vegetação	./img/	yolo_whc_recortado.png	1230	1277
3	Fazenda Experimental	./img/	FazendaExperimental.png	4000	5580
4	Área Experimental	./img/	AreaEmExperimento.png	1236	1277
5	Nova area teste	./img/	bekm02g033-8colors.png	1236	1277
6	Área Variabilidade 256 tipos	./img/	yolo_whc_recortado256.png	1236	1277
7	Folha Cana Ferrugem	./img/	CanaDeAcucarFolhaFerrugem256.png		
8	Fazenda São João do Cintra	./img/	FazendaCOSAN_Espectro256.png	37550	21350

Figura 23- Banco de imagens para análise sensorial.

As análises são realizadas em ambiente Web a partir das imagens digitais, coletadas via satélite ou por aerofotogrametria da área de cultivo.

Uma importante contribuição do trabalho foi a elaboração de uma interface que permite ao agricultor registrar as curvas de calibração de forma dinâmica, onde para cada curva de calibração é permitido também uma definição de um fator de correção para o atributo em questão, além do índice de produtividade de cada atributo. Por exemplo, para um atributo que indique no cadastro uma taxa de nitrogênio de 50% do ideal (Figura 24), e uma produtividade calibrada sem a correção para a quantidade de 110 tc/ha, e um fator de correção de 90 kg/ha para homogeneizar com os atributos ideais, pode-se esperar que após uma correção do déficit de nitrogênio, a área com este atributo obtém aumento de produtividade próxima da quantidade máxima comercial. Utilizando-se este índice de produtividade foi estimada a produtividade após a correção do atributo, onde se espera uma quantidade maior de cana-de-açúcar.

The screenshot displays a web browser window with the URL `localhost/bekm/bekm02w012_10.arw?mid=MjM=&ctrl=MjAxMjAyMDIxNTQ5NTE=`. The page header shows the FEM logo and user information: Versão: Princípia 2012, Usuário: admin, Grupo: DEMA-FEM-UNICAMP, Serial: 512651-x. The navigation menu includes 'Cadastros', 'Lançamentos', 'Resultados', 'Ferramentas', 'Sobre', 'Ajuda', and 'Logout'. Below the menu are buttons for 'Salvar', 'Descartar e Sair', and 'Pesquisar'. The main content area is titled 'Cadastro das Curvas de Calibração - Incluir' and contains the following form fields:

Código do Mapa:	<input type="text" value="6"/>
Código do Atributo:	<input type="text" value="#a0e040"/>
Descrição do atributo:	<input type="text" value="Nitrogênio 50% do ideal."/>
Fator de correção:	<input type="text" value="90"/>
Índice de Produtividade no atributo:	<input type="text" value="110"/>

* Campos Obrigatórios

BEKM - Gestão de Conhecimento para fabricação do Bioetanol-Princípia 2012
Copyright © 2012. All rights reserved.

Figura 24 - Definição das curvas de calibração para cada atributo identificado na imagem tratada no sensoriamento pelo Modelo.

Como principal resultado, foi possível obter uma estimativa da produtividade agrícola com base no estado atual da cultura bem como da produtividade máxima após fator de correção do solo. A quantidade ótima de fertilizante também é calculada para cada quadrante da malha, possibilitando uma avaliação prévia do custo e rentabilidade. Alterando-se o tamanho da malha é possível efetuar uma simulação da produtividade em outros cenários, por exemplo, da aplicação

da agricultura de precisão e adubação a taxas variáveis para a obtenção estimada de melhores índices em malhas menores ou maiores (Figura 25).

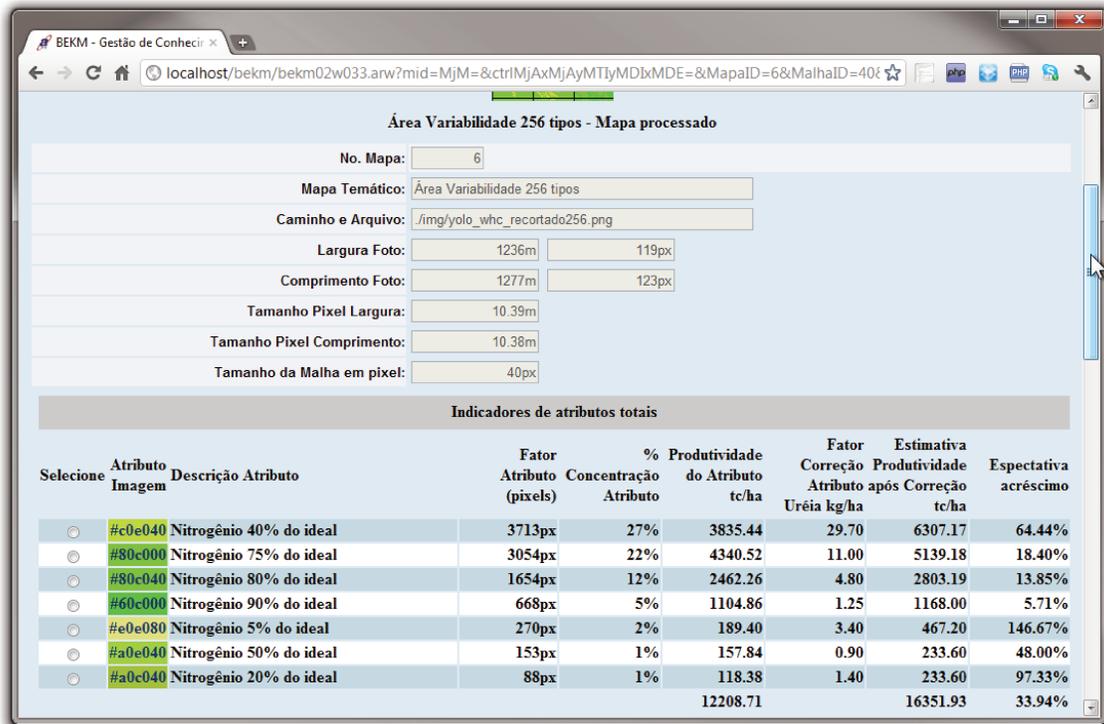


Figura 25 - Indicadores de atributos totais após análise sensorial dos espectros.

A produtividade e fator de correção para cada atributo é cadastrada pelo agricultor (Figura 24), permitindo ao Modelo criar automaticamente curvas de calibração para a geração de mapas de produtividade por quadrantes (Figura 26). Em casos onde não existam os dados iniciais, poderiam ser utilizados os resultados médios da região como índices de produtividade base.

Para que haja uma efetividade na estimativa da produtividade foi desenvolvida uma interface onde ocorre a aplicação e utilização da Agricultura de Precisão, tornando-se efetiva e disponibilizando toda a análise (Figura 27) em função do dimensionamento do tamanho da malha escolhida pelo agricultor e que, através das curvas de calibração registrada o Modelo, efetue as novas estimativas.

Desta forma, a decisão da escolha da aplicação a taxas variadas no plantio em função da análise obtida através do sensoriamento remoto fica a critério do agricultor que tem como ponto de partida o sensoriamento remoto da imagem.

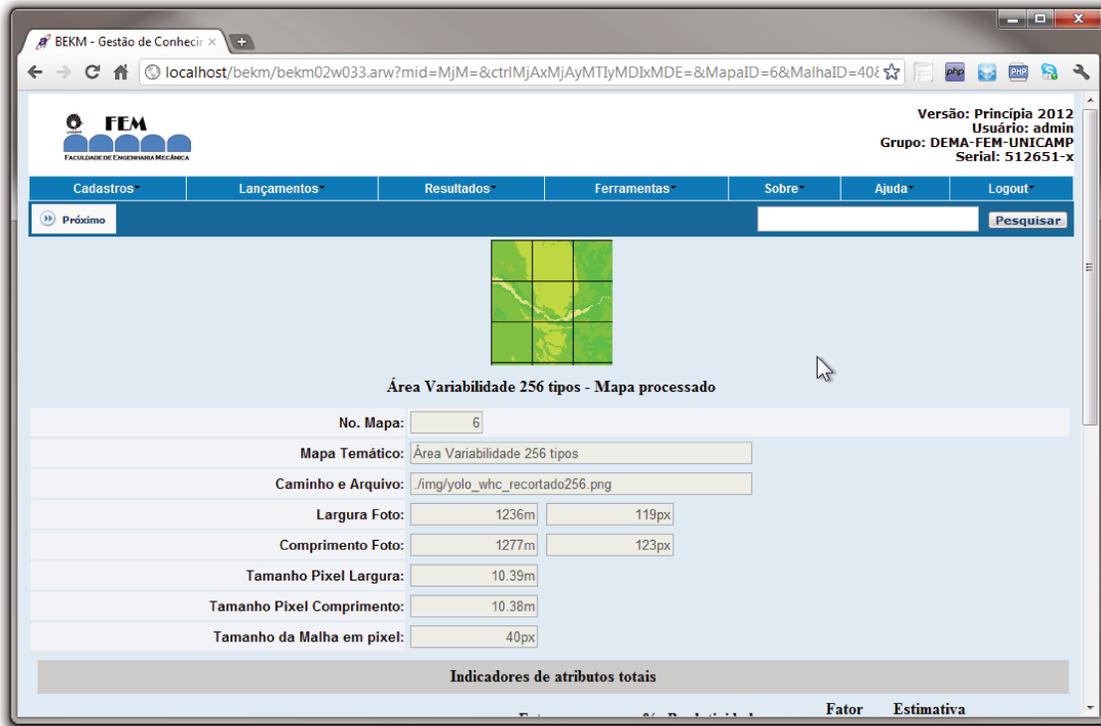


Figura 26 - Demonstra informações das curvas de calibração da imagem em tratamento com grade de quadrantes em análise.

Concentração de Atributos por Quadrantes

Selecione	Quadrante X	Quadrante Y	Atributo	Descrição Atributo	% Concentração Atributo	Produtividade Atributo tc/ha	Correção variável no quadrante em kg	Produtividade após Correção no quadrante tc/ha/atributo	Expectativa acréscimo
<input type="radio"/>	0	0	#80c000	Nitrogênio 75% do ideal	55.50%	69.38	478.78	82.14	
<input type="radio"/>	0	0	#c0e040	Nitrogênio 40% do ideal	22.13%	19.92	420.00	20.43	
<input type="radio"/>	0	0	#80c040	Nitrogênio 80% do ideal	11.31%	14.70	78.05	16.74	
<input type="radio"/>	0	0	#a0c040	Nitrogênio 20% do ideal	4.88%	3.66	117.88	3.54	
<input type="radio"/>	0	0	#60c000	Nitrogênio 90% do ideal	3.06%	4.28	13.20	4.53	
<input type="radio"/>	0	0	#e0e080	Nitrogênio 5% do ideal	2.00%	1.20	58.66	1.19	
<input type="radio"/>	0	0	#a0e040	Nitrogênio 50% do ideal	1.13%	1.13	17.55	1.28	
						114.27	1184.13	129.85	(+13.64%)
<input type="radio"/>	0	1	#80c000	Nitrogênio 75% do ideal	43.88%	54.85	378.54	64.94	
<input type="radio"/>	0	1	#60c000	Nitrogênio 90% do ideal	22.06%	30.88	95.15	32.65	
<input type="radio"/>	0	1	#80c040	Nitrogênio 80% do ideal	19.38%	25.19	133.75	28.68	
<input type="radio"/>	0	1	#e0e080	Nitrogênio 5% do ideal	9.31%	5.59	273.07	4.56	
<input type="radio"/>	0	1	#a0e040	Nitrogênio 50% do ideal	3.25%	3.25	50.47	3.01	
<input type="radio"/>	0	1	#c0e040	Nitrogênio 40% do ideal	2.13%	1.92	40.42	1.61	
						121.68	971.41	135.46	(+11.32%)
<input type="radio"/>	0	2	#80c000	Nitrogênio 75% do ideal	53.88%	67.35	464.81	73.32	
<input type="radio"/>	0	2	#80c040	Nitrogênio 80% do ideal	45.00%	58.50	310.56	66.60	
<input type="radio"/>	0	2	#c0e040	Nitrogênio 40% do ideal	0.88%	0.79	16.70	0.54	
<input type="radio"/>	0	2	#60c000	Nitrogênio 90% do ideal	0.25%	0.35	1.08	0.37	
						126.99	793.15	140.83	(+10.90%)

Figura 27 - Indicadores de estimativa produtividade baseada nas curvas de calibração e máxima produtividade comercial após correções indicadas pelo agricultor.

4.6 Simulação do ganho em produtividade para diferentes malhas

No estudo de caso utilizado foi gerada uma análise de uma região utilizando o Tamanho da Malha em pixel 40px inicialmente, e extraído os índices de produtividades a esta malha como demonstram os indicadores de atributos totais da **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, onde foram separados os quatro quadrantes do canto superior esquerdo da área exibida.

A partir destes quatro quadrantes, foi calculada uma produtividade por quadrante demonstrado na Figura 27 na malha de 40px como exemplos de resultados teóricos estimados de +13,64% no quadrante [0,0] e de 11,32% no quadrante [0,1], entre outros. Resultados comparativos em malhas menores foram obtidos na Figura 28 e Figura 29.

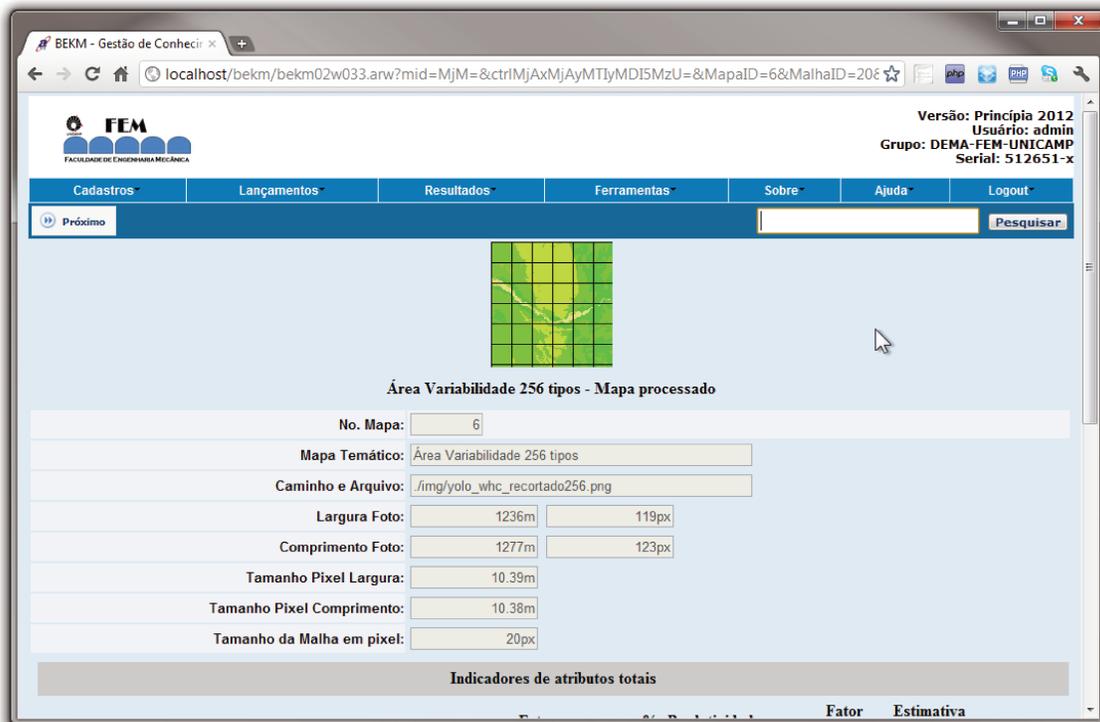


Figura 28- Análise de área em estudo com malha de 20 pixels para medição de produtividade com maior variabilidade.

Na comparação em malha menor de 20px (Figura 28) para estimativa da produtividade é possível obter uma quantidade maior de espectros de cores da imagem e uma estimativa mais precisa dos quadrantes pelo aumento natural destes na imagem (Figura 29). Com uma malha mais precisa os resultados obtidos são maiores e esta diminuição da variabilidade permite uma aproximação melhor da expectativa de ascensão da produtividade por quadrante (Figura 30).

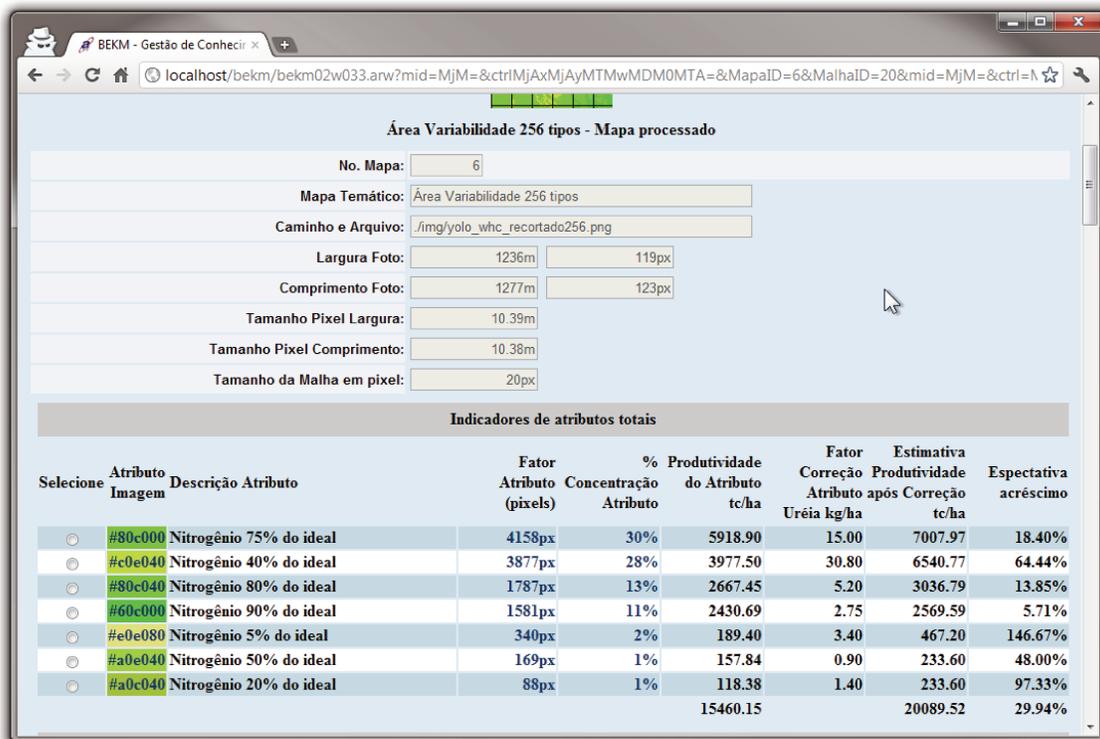


Figura 29 - Indicadores de Atributos Totais da área em estudo na malha de 20 pixels.

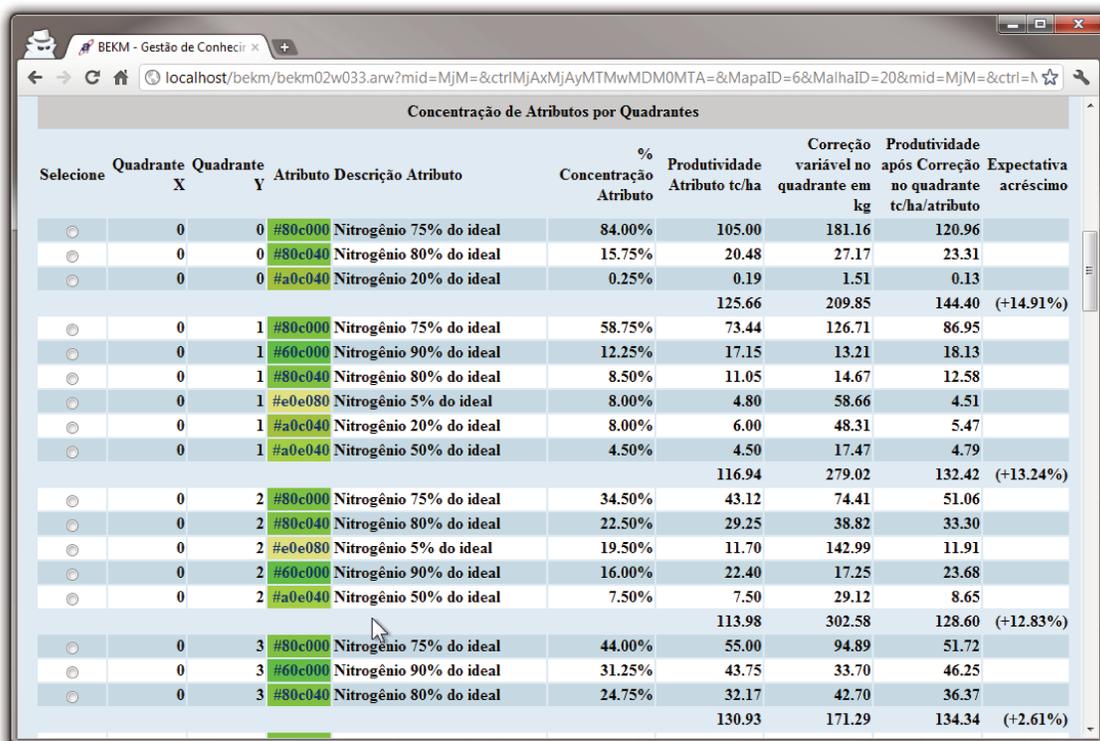


Figura 30 - Indicadores de Concentração de Atributos por Quadrantes da área em estudo na malha de 20 pixels. Quadrantes [0,0][0,1][0,2][0,3].

Este Modelo desenvolvido poderia transmitir os dados dos quadrantes () com as coordenadas para implementos agrícolas de fertilização a taxas variadas calculadas e armazenadas no banco de dados.

4.7 Outros mapas espectrais

Mapas obtidos com diferentes espectros permitem análises específicas como, por exemplo, ocorrência de pragas e doenças, erosão do solo, etc. A Figura 31, por exemplo, ilustra o mapeamento e extensão de uma área atingida por um novo fungo conhecido como ferrugem alaranjada, indicada pela tonalidade vermelha-alaranjada de cor, possibilitando estimar a evolução da doença bem como a perda de produtividade nas áreas atingidas, chegando a 20% menos de produtividade dos canaviais (GLOBO, Ferrugem alaranjada chega ao Brasil, 2009). Ataques de pragas e doenças desta natureza podem ser medidas de acordo com índices percentuais à cultura, e que na ausência de uma ferramenta apropriada são tomadas decisões sem um resultado numérico de análise.

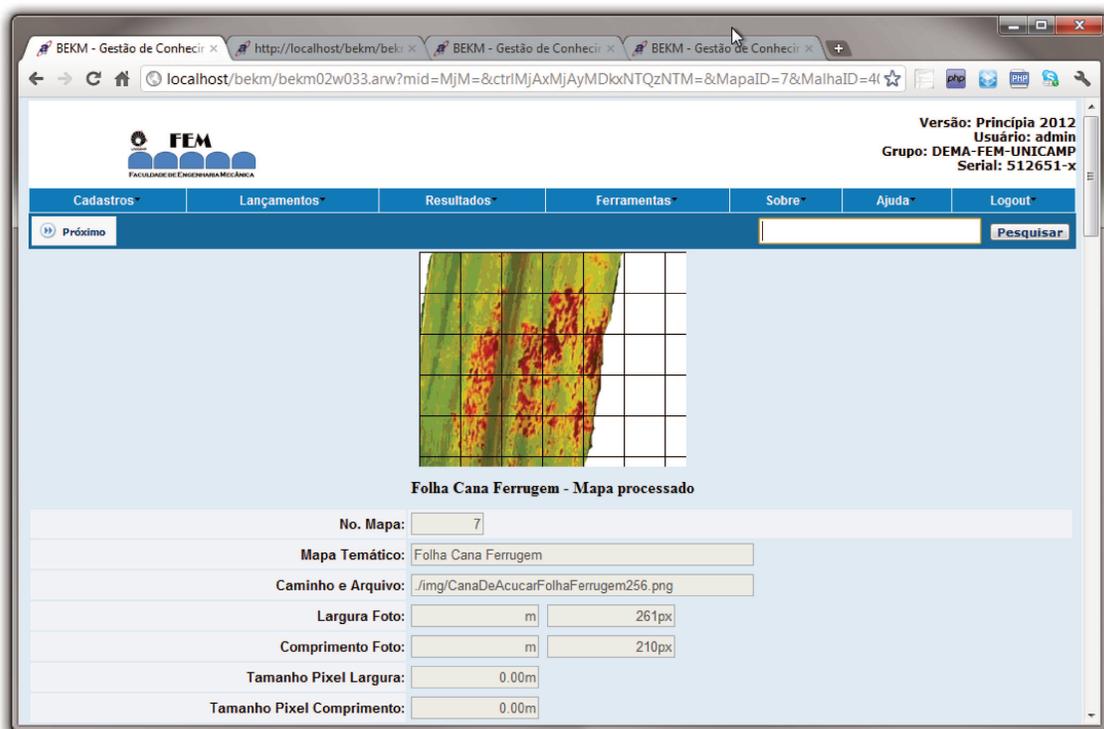


Figura 31 - Exemplo de análise da ferrugem alaranjada através de sensoriamento remoto.

Na Figura 31 encontra-se uma amostra da imagem do fungo encontrada no campo e enviado ao Modelo pelo celular e na Figura 32 é possível verificar os percentuais de ocupação das colorações avermelhadas que indicam o avanço do fungo Ferrugem Alaranjada, e demonstra claramente uma planta comprometida e com grandes prejuízos que a detecção tardia pode ocasionar, tornando imprescindível a troca de informações de maneira rápida com a utilização do Modelo utilizando equipamentos móveis, como um Celular com câmera e um acesso à Web apenas para a transmissão da imagem.

É importante frisar que na Figura 31 em questão, que será colocada no Modelo a partir de uma foto, não representa toda extensão do avanço da doença na folha, mas apenas a imagem capturada, portanto, o resultado da análise será sempre referente à imagem inserida no Modelo como se observa na Figura 32.

Selecione	Atributo Imagem	Descrição Atributo	Fator Atributo (pixels)	% Concentração Atributo	Fator Correção Atributo	Produtividade do Atributo	Produtividade após Correção
<input type="radio"/>	#ffffff		12069px	87%	0.00	0.00	0.00
<input type="radio"/>	#a0a000		6259px	45%	0.00	0.00	0.00
<input type="radio"/>	#80a000		4758px	34%	0.00	0.00	0.00
<input type="radio"/>	#808000		2453px	18%	0.00	0.00	0.00
<input type="radio"/>	#c0c000		2367px	17%	0.00	0.00	0.00
<input type="radio"/>	#c0a000		2164px	16%	0.00	0.00	0.00
<input type="radio"/>	#606000		1374px	10%	0.00	0.00	0.00
<input type="radio"/>	#e0c000		1270px	9%	0.00	0.00	0.00
<input type="radio"/>	#806000		1261px	9%	0.00	0.00	0.00
<input type="radio"/>	#e0a000		1251px	9%	0.00	0.00	0.00
<input type="radio"/>	#608000		987px	7%	0.00	0.00	0.00
<input type="radio"/>	#a08000		903px	7%	0.00	0.00	0.00
<input type="radio"/>	#c08000		899px	7%	0.00	0.00	0.00
<input type="radio"/>	#c06000		777px	6%	0.00	0.00	0.00
<input type="radio"/>	#a06000		745px	5%	0.00	0.00	0.00
<input type="radio"/>	#a0c000		720px	5%	0.00	0.00	0.00
<input type="radio"/>	#e0a040		718px	5%	0.00	0.00	0.00
<input type="radio"/>	#802000		675px	5%	0.00	0.00	0.00
<input type="radio"/>	#a04000		669px	5%	0.00	0.00	0.00
<input type="radio"/>	#a02000		666px	5%	0.00	0.00	0.00
<input type="radio"/>	#e08000		558px	4%	0.00	0.00	0.00
<input type="radio"/>	#c04000		555px	4%	0.00	0.00	0.00

Figura 32 - Resultado da análise de controle de pragas e doenças através da imagem obtida no campo.

4.8 Análises do Modelo para auxílio a decisões

Através do acúmulo de informações relevantes para a produção agrícola ao longo do tempo, o Modelo permite ao usuário criar gráficos combinados das variáveis, possibilitando maior confiabilidade em decisões a curto, médio e longo prazo.

O gráfico de Pluviosidade versus Tamanho do Colmo (Figura 33), representa a importância, e a sua medição contínua durante o ciclo da cultura pode ser realizada no campo através de equipamentos móveis como Pocket-PC, tablets ou iPad.

Na análise de resultados onde dados colhidos no campo (BAMBER, 1994) em oito ciclos de cortes da cana, com diferentes índices pluviométricos foram observados, que a quantidade de biomassa gerada sofre grande interferência em baixos índices pluviométricos (Figura 35). Dados que são plotados baseando-se em dados históricos e que podem ser armazenados no Modelo.

Na medição da produtividade um dos índices mais importantes para a usina é o tamanho dos colmos (COSAN, 2011) ou distância entre nós, por ser o local de maior armazenamento da sacarose pela planta e reflete diretamente na produtividade agrícola (tc/ha) e agroindustrial (litros/ha). Colmos curtos representam uma baixa quantidade de caldo no processo de esmagamento na moenda e uma maior quantidade de nós, que representa biomassa com baixa produtividade agroindustrial. Portanto, acompanhar o desenvolvimento dos colmos (Figura 33) no campo é de grande importância para as usinas que necessitam de sacarose, e para os agricultores em um melhor resultado na ATR.

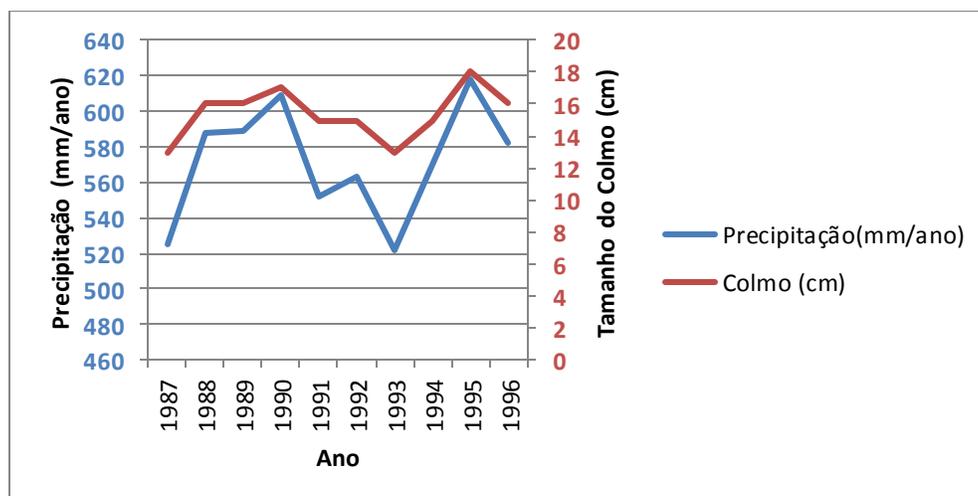


Figura 33 - Demonstração da dependência direta na produtividade agrícola nos tamanhos dos colmos em função do índice pluviométrico.

Em uma análise com dados históricos no gráfico, é possível perceber pela média anual que há influência direta na produtividade agrícola em toneladas de cana por hectare, com altos índices médios (Figura 33) nas safras dos anos de 1992 a 1995. Nesses gráficos são analisados os dados históricos de pluviosidade versus produtividade, entretanto, no Modelo também é possível gerar visualizações gráficas de uma safra e fazer o acompanhamento com respostas efetivas de correção com possibilidades de geração de gráficos com outras variáveis armazenadas.

O gráfico de Precipitação de Chuva versus Tamanho do Colmo (Figura 33) está diretamente relacionado ao gráfico de produtividade agrícola (Figura 34) e representa grande importância em sua medição contínua durante o ciclo da cultura que pode ser realizada no campo através de equipamentos móveis como Pocket-PC, tablet-PC ou iPad que já possuem GPS integrado e capturam dados e coordenadas geográficas automáticas.

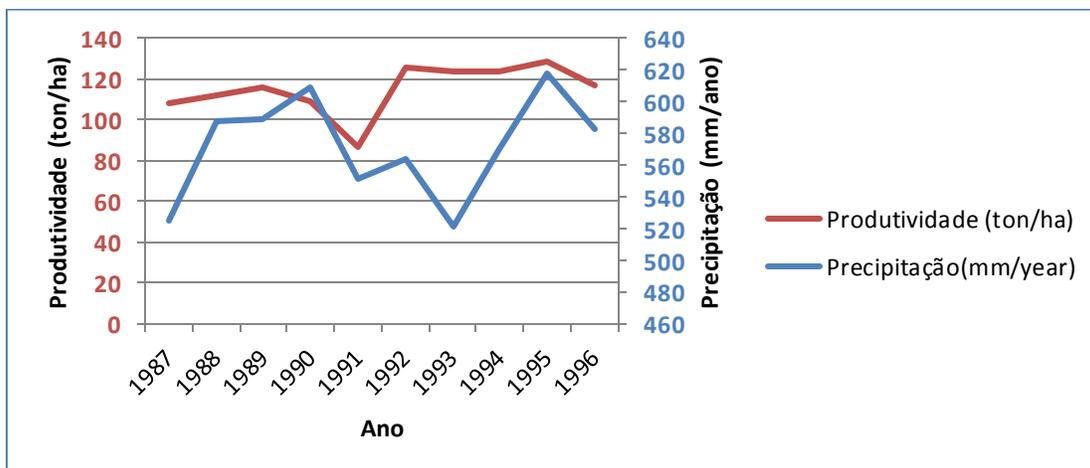


Figura 34 - Dependência direta da produtividade em função da média anual do índice pluviométrico.

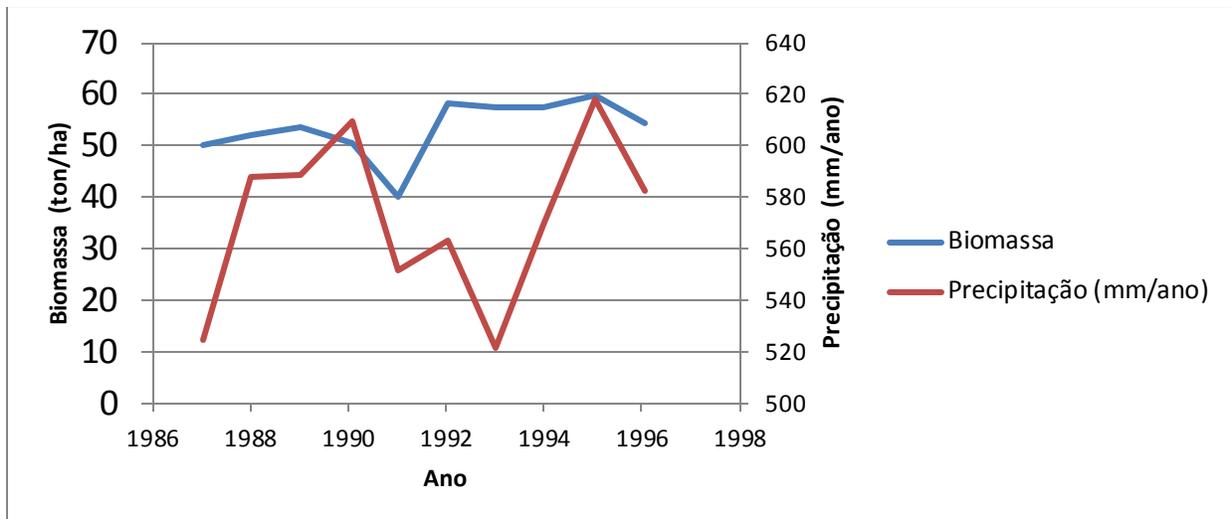


Figura 35 - Demonstração gráfica da influência da chuva na produtividade de biomassa.

Na análise de resultados onde dados colhidos no campo (BAMBER, 1994) em oito ciclos de cortes da cana com diferentes índices pluviométricos foram observados, a quantidade de biomassa gerada sofre grande interferência em baixos índices pluviométricos (Figura 35). Dados que são plotados baseando-se em dados históricos e que podem ser armazenados no Modelo.

4.9 Outras aplicações do Modelo

Outros tipos de aplicações como resultado de uma análise como o sensoriamento remoto da cultura foi obtido nas entrevistas no campo e no mercado.

O agricultor moderno procura companhias de seguros para segurar o investimento na cultura e garantir a safra através do seguro produtividade e safras agrícolas dentro das regras da seguradora. Entretanto é preciso buscar um preço compatível de mercado para segurar a safra sem o qual o risco do investimento se torna incerto. Ao segurar a safra o agricultor garante um mínimo em casos de sinistros na lavoura, e a seguradora cobra um valor menor caso haja garantias de minimização do risco ou de previsão de produtividade da safra, ponto onde o interesse pela seguradora se confirma em entrevistas (MAPFRE, 2012) e pelo material disponível no banco de dados da companhia.

Em outras culturas cultivadas em larga escala a utilização do Modelo se faz importante, e também pode ser utilizado de forma adequada com as mesmas funcionalidades da cultura da cana-de-açúcar. Culturas como soja, milho e algodão poderão utilizar o Modelo sem maiores

adaptações, e imagens aéreas durante o ciclo da cultura permitirão também armazenar informações de dimensões de ataques de doenças e pragas na lavoura, bem como índices de cobertura de cultivo.

Uma das culturas cultivadas recentemente em larga escala no Brasil e pouco comuns que conta com quantidade ínfima de ferramentas disponíveis para a área é a cocoicultura, cultivada principalmente no nordeste brasileiro para a produção dos derivados de coco para o mercado nacional e internacional e com necessidade semelhantes ao Modelo proposto onde possa ser absorvido o conhecimento tácito pela dificuldade da capacitação de mão de obra. Uma das necessidades encontradas foi o sensoriamento remoto que atualmente é feito regularmente por foto aérea de proximidade em grande extensão para identificar pragas e doenças. Segundo entrevistas realizadas, a dificuldade de se verificar as doenças nas folhas é grande devido à altura da planta, e as análises de solo se dão pontualmente devido à extensão da área.

4.10 Expectativa de Sustentabilidade Econômica do Modelo

No atual cenário brasileiro a produção anual de bioetanol e açúcar apresenta uma rentabilidade econômica de R\$ 70 bilhões/ano com um custo excessivamente elevado na agricultura, cerca de 60% proveniente somente da matéria-prima cana-de-açúcar.

A aplicação do Modelo neste processo poderá contribuir efetivamente na economia dos insumos agrícolas, integração de todos os segmentos no campo, otimização e previsibilidade da produção e valores de ATR, informação e controle das principais variáveis do cultivo quase que em tempo real, e otimização da força de trabalho. O resultado poderá representar um corte acentuado de despesas com uma economia média de ~7% considerando uma expectativa no aumento da produtividade.

Capítulo 5

Considerações Finais

5.1 Conclusões

Observou-se que as informações e a documentação sobre os eventos realizados pela usina no campo são registrados e controlados na usina, o que não acontecia nos eventos realizados pelo agricultor, que eram administrados no campo sem o devido registro e se perdiam no tempo. Não obstante, somente as usinas maiores e que possuem sistemas de gestão mantêm algum tipo de controle atualmente, mas não foi encontrado o mapa do conhecimento que aprimora o aumento da percepção de novas necessidades e a detecção de pontos de controle e coleta de dados, bem como nos tipos de atributos a serem coletados além de compatibilizar a comunicação entre a usina e o campo.

O Modelo presente de Gestão do Conhecimento integrado a um sistema de tecnologia de informação e banco de dados criou uma metodologia não somente na captura de dados, mas também na obtenção dos índices de produtividade a partir dos números dados pelo agricultor e pelos atributos identificados e calibrados no Modelo, de maneira que nas safras seguintes as mesmas curvas de calibração possam ser utilizadas, criando um aprimoramento nos resultados futuros que garanta a melhoria nos processos e na inovação, na busca por indicadores melhores, utilizando como base os procedimentos passados e mantendo o País na vanguarda na inovação.

O Modelo criou mais visibilidade da cultura e fomento de inovação tecnológica na busca pela melhoria contínua, favorecida pela integração das áreas para troca de informações e conhecimento baseada em uma plataforma tecnológica instantânea como a Web.

A aplicação deste Modelo em outras regiões do Brasil, em especial no Nordeste, poderá contribuir efetivamente no processo de redução do *gap* de produtividade em comparação com a região Sudeste com conseqüente impactos sócio-econômicos.

O uso extensivo da tecnologia de Sistemas de Informações, Banco de Dados, e coordenadas geográficas com uso de equipamentos com GPS eleva a integração das tecnologias de comunicação de dados e maximiza a aplicação com uso de implementos agrícolas que necessite

de dados variáveis por coordenadas geográficas além de permitir que sejam armazenados mais dados e informações ao longo do tempo ampliando ainda mais o conhecimento sobre o ponto da coordenada como produtividade da cana-de-açúcar e produtividade na cultura de rotação como soja ou algodão no mesmo local por exemplo.

5.2 Sugestões para os próximos trabalhos

A mesma metodologia desenvolvida para a cana-de-açúcar no presente trabalho poderá ser transportada para outras culturas de larga escala como a soja, algodão e o milho. Este mesmo trabalho pode também ser aplicado a estudos para a produção de bioetanol de segunda geração que é a partir do processo baseado na hidrólise enzimática ou ácida de fibras. Assim, a integração do Modelo na produção do bioetanol das duas gerações poderá trazer benefícios por permitir uma visualização global.

O aprimoramento em novos padrões e algoritmos na análise de imagens e no sensoriamento remoto com curvas de calibração personalizadas pode trazer outros benefícios nos tipos de análises no Modelo que permite novas interações.

No modelo poderia ser integrada os módulos de conexão com implementos agrícolas e estes se comunicarem diretamente com o banco de dados permitindo gradativamente o aumento de informações que podem ser obtidas durante um ciclo de plantio, colheita ou até mesmo de fertilização ou aplicação de agrotóxicos.

Uma das vantagens na aplicação de agrotóxicos por aeronave seria a integração do modelo ao implemento agrícola da aeronave com uso de coordenadas geográficas.

Capítulo 6

Tabelas e Anexos complementares

6.1 Questionário Agricultura

Nas entrevistas aos agricultores foi feita a pesquisa abaixo com perguntas fechadas.

- 1) Há quantos anos cultiva cana-de-açúcar?
 - a) Há menos de 2 safras
 - b) Há menos de 10 safras
 - c) Sempre cultivamos cana
- 2) Qual a extensão territorial em hectares cultivada?
 - a) Menos de 10 ha
 - b) Entre 10 e 50 ha
 - c) Entre 50 e 100 ha
 - d) Mais de 100 ha
- 3) Em média há quantas pessoas envolvidas no cultivo da cana-de-açúcar durante a safra?
 - a) Até 25 pessoas por safra
 - b) Até 50 por safra
 - c) Até 200 por safra
 - d) Até 500 por safra
 - e) Mais de 500 por safra
- 4) 1. Fertilizante utilizado no preparo do solo para a cana-planta
 - a) NPK na proporção 4-14-8
 - b) NPK na proporção 10-10-10
 - c) Outros
- 5) Foi efetuada calagem no solo antes do preparo?
 - a) Sim
 - b) Não
- 6) O plantio foi efetuado com GPS?

- a) Sim
 - b) Não
- 7) Foi efetuado o plantio com Piloto Automático?
- a) Sim
 - b) Não
- 8) O fertilizante no preparo do solo foi aplicado com implementos agrícolas e tecnologia de precisão embarcada?
- a) Sim
 - b) Não
- 9) Durante o crescimento da planta foi utilizado clorofilômetro?
- a) Sim
 - b) Não
- 10) Durante o crescimento da planta foi utilizado clorofilômetro?
- a) A cada 3 meses
 - b) A cada 4 meses
 - c) A cada 8 meses
 - d) Não foi aplicada
- 11) Foi realizada adubação de cobertura nitrogenada?
- a) A cada 3 meses
 - b) A cada 4 meses
 - c) A cada 8 meses
 - d) Não foi aplicada
- 12) Foi aplicado algum agrotóxico corretivo durante o manejo da cana?
- a) Sim
 - b) Não
- 13) A aplicação de agrotóxico sempre corretivo?
- a) Sim
 - b) Não
- 14) Quanto tempo a cana depois de cortada leva para chegar à usina?
- a) Menos de 24h
 - b) Até 36h

- c) Até 48h
- d) Tempo não controlado

15) Colheita manual com queimada?

- a) Sim
- b) Não

16) Colheita manual ou mecanizada, há algum tipo de controle de quilos de cana por área colhida?

- a) Controle de cana por talhão
- b) Controle de cana por treminhão
- c) Controle de cana na usina por caminhão
- d) Controle de cana por hectare
- e) Não há controle

6.2 Tabela Cana de Açúcar processadas pelas usinas

Tabela 6 Cana-de-açúcar processadas pelas usinas

CANA-DE-AÇÚCAR PROCESSADA PELAS USINAS BRASILEIRAS																			
Unidade:	Toneladas																		
Fonte:	União da Indústria de Cana-de-açúcar/UNICA e Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento/MAPA.																		
Elaboração:	União da Indústria de Cana-de-açúcar-UNICA																		
Nota:	Os dados da safra 2008/2009 para a Região Norte-Nordeste referem-se a posição final de 30/08/09.																		
ESTADOS/SAFRA	90/91	91/92	92/93	93/94	94/95	95/96	96/97	97/98	98/99	99/00	00/01	01/02	02/03	03/04	04/05	05/06	06/07	07/08	08/09
ACRE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AMAZONAS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PARÁ	184.432	168.919	126.640	167.701	74.842	237.779	243.255	247.045	307.650	521.339	527.383	201.036	255.852	250.881	267.767	252.672	224.700	318.141	106.292
TOCANTINS	-	110.000	85.190	137.780	180.033	221.355	127.084	184.761	20.962	-	-	-	-	-	-	-	95.314	179.300	303.350
MARANHÃO	594.940	539.558	299.137	130.213	259.800	567.594	725.190	898.988	1.118.330	938.174	799.490	1.094.115	1.105.114	1.303.509	1.275.119	1.797.490	1.660.300	2.134.604	2.280.160
PIAUI	464.108	383.653	306.470	242.999	328.185	414.324	339.965	337.032	312.580	218.022	248.289	273.691	284.180	322.802	349.329	492.369	706.000	689.130	900.181
CEARÁ	506.233	419.862	286.418	184.070	160.493	466.542	404.580	325.613	367.684	131.166	65.671	73.637	88.954	63.907	79.444	40.709	27.400	8.250	122.355
R. G. NORTE	2.169.458	1.907.703	2.099.847	1.503.432	2.064.334	2.414.480	2.558.041	2.645.204	2.807.772	1.892.617	2.388.270	2.064.515	2.681.857	2.614.068	2.917.677	2.356.268	2.397.400	2.047.750	3.186.768
PARAIBA	4.570.479	4.415.621	3.890.548	1.964.791	3.239.910	3.584.115	4.742.596	5.329.824	3.888.104	3.418.496	3.594.320	4.001.051	4.335.516	5.017.263	5.474.229	4.291.473	5.107.700	5.653.047	5.885.978
PERNAMBUCO	18.679.258	18.328.157	17.278.745	12.052.342	16.477.943	17.076.508	20.157.163	16.970.789	15.588.250	13.320.164	14.366.994	14.351.050	14.891.497	17.003.192	16.684.867	13.858.319	15.293.700	19.844.415	18.949.518
ALAGOAS	22.617.202	21.482.547	21.047.857	15.826.998	20.067.353	19.706.078	23.542.254	23.698.079	17.345.105	19.315.230	25.198.251	23.124.558	22.645.220	29.536.815	26.029.770	22.532.291	23.635.100	29.444.208	27.309.285
SERGIPE	1.395.449	948.152	671.003	589.742	620.391	617.099	1.043.931	1.063.417	1.037.538	1.163.285	1.413.639	1.316.925	1.429.746	1.526.270	1.465.185	1.109.052	1.136.100	1.371.683	1.831.714
BAHIA	1.052.942	1.487.154	1.072.575	1.621.756	1.155.974	2.107.303	2.321.713	2.581.225	2.347.217	2.098.231	1.920.653	2.048.475	2.213.955	2.136.747	2.268.369	2.391.415	2.185.600	2.522.923	2.541.816
MINAS GERAIS	9.850.491	10.434.200	8.680.877	8.420.826	9.485.374	8.991.955	9.906.236	11.971.312	13.483.617	13.599.488	10.634.653	12.204.821	15.599.511	18.915.977	21.649.744	24.543.456	29.034.195	35.723.246	42.480.968
ESPIRITO SANTO	1.193.648	1.750.164	1.678.052	1.289.530	1.912.852	1.775.723	1.828.661	2.465.729	1.942.022	2.126.902	2.554.166	2.010.903	3.292.724	2.952.895	3.900.307	3.804.231	2.894.421	3.938.757	4.373.248
RIO DE JANEIRO	4.522.390	6.564.082	5.162.801	4.861.973	5.479.990	5.217.136	5.437.211	4.926.275	5.191.421	4.953.176	3.934.844	3.072.603	4.478.142	4.577.007	5.638.063	4.799.351	3.445.154	3.831.652	4.018.840
SÃO PAULO	131.814.535	137.281.277	136.562.226	143.832.064	148.941.517	152.097.970	170.422.412	180.596.909	199.521.253	194.234.474	148.256.436	176.574.250	192.486.643	207.810.964	230.280.444	243.767.347	263.870.142	296.242.813	346.292.969
PARANÁ	10.751.114	11.182.127	11.978.771	12.476.582	15.518.958	18.557.004	22.258.512	24.874.691	24.177.859	24.351.048	19.320.856	23.075.623	23.892.645	28.485.775	28.997.547	24.808.908	31.994.581	40.369.063	44.829.652
SANTA CATARINA	463.388	322.309	350.341	342.983	235.476	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R. G. SUL	38.393	38.641	52.723	56.591	46.345	30.877	44.178	45.459	32.493	-	-	80.262	102.999	93.836	77.997	57.976	91.919	128.980	107.184
MATO GROSSO	3.325.019	2.850.880	3.115.402	3.834.094	4.907.255	6.739.310	8.084.832	9.786.054	10.306.270	10.110.766	8.669.533	10.673.433	12.384.480	14.349.933	14.447.155	12.335.471	13.179.510	14.928.015	15.283.134
MATO GROSSO DO SUL	3.977.877	3.935.141	3.706.409	3.720.947	3.725.355	4.674.560	5.404.641	5.916.046	6.589.965	7.410.240	6.520.923	7.743.914	8.247.056	8.892.972	9.700.048	9.037.918	11.635.096	14.869.066	18.090.388
GOIÁS	4.257.804	4.672.096	4.904.219	5.078.591	5.830.527	6.329.500	8.215.687	8.192.963	8.536.430	7.162.805	7.207.646	8.782.275	9.922.493	13.041.232	14.006.057	14.559.760	16.140.043	21.082.011	29.486.508
REGIÃO CENTRO-SUL	170.194.659	179.030.917	176.191.821	183.914.181	196.083.649	204.414.035	231.602.370	248.775.438	269.781.330	263.948.899	207.099.057	244.218.084	270.406.693	299.120.591	328.697.362	337.714.418	372.285.061	431.113.603	504.962.891
REGIÃO NORTE-NORDESTE	52.234.501	50.191.326	47.164.430	34.421.824	44.629.258	47.413.177	56.205.772	54.281.977	45.141.192	43.016.724	50.522.960	48.832.459	50.243.383	60.194.968	57.392.755	49.727.458	53.250.700	64.609.676	64.099.738
BRASIL	222.429.160	229.222.243	223.356.251	218.336.005	240.712.907	251.827.212	287.808.142	303.057.415	314.922.522	306.965.623	257.622.017	293.050.543	320.650.076	359.315.559	386.090.117	387.441.876	425.535.761	495.723.279	569.062.629

6.3 Produção Brasileira de Açúcar

Tabela 7 - Produção brasileira de açúcar

AÇÚCAR: PRODUÇÃO BRASILEIRA																			
Unidade:	Toneladas																		
Fonte:	União da Indústria de Cana-de-açúcar/UNICA e Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento/MAPA.																		
Elaboração:	União da Indústria de Cana-de-açúcar-UNICA																		
Nota:	Os dados da safra 2008/2009 para a Região Norte-Nordeste referem-se a posição final de 30/08/09.																		
ESTADOS/SAFRA	90/91	91/92	92/93	93/94	94/95	95/96	96/97	97/98	98/99	99/00	00/01	01/02	02/03	03/04	04/05	05/06	06/07	07/08	08/09
ACRE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RONDONIA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AMAZONAS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14.188	16.214	17.455	17.170	14.151	15.700	16.185	14.320
PARA	2.500	3.285	2.268	3.102	2.210	2.742	3.625	4.735	8.367	15.960	11.905	-	-	-	-	-	5.100	22.805	13.726
TOCANTINS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MARANHÃO	25.082	19.918	13.485	12.158	4.302	63.680	25.337	8.599	14.041	23.451	10.238	12.406	3.149	11.118	11.881	11.619	2.700	13.075	15.335
PIAUI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.431	7	-	22.255	38.796
CEARÁ	35.340	31.141	24.837	15.764	14.984	29.935	23.080	21.801	12.801	8.180	5.350	6.220	6.260	5.887	6.225	2.076	1.500	-	-
R. G. NORTE	92.476	103.290	111.792	82.796	110.264	126.317	128.420	155.035	127.945	96.813	134.790	116.952	165.815	173.616	233.847	175.340	259.000	174.068	197.914
PARAÍBA	89.935	75.720	85.359	35.160	54.807	45.567	79.341	105.395	66.484	78.030	74.231	114.539	142.865	168.151	165.945	115.843	154.000	173.157	133.883
PERNAMBUCO	1.193.512	1.162.035	1.306.868	955.366	1.309.038	1.355.048	1.217.490	1.231.581	1.049.590	856.021	1.099.342	1.104.199	1.230.998	1.392.567	1.464.335	1.215.389	1.357.300	1.684.094	1.521.275
ALAGOAS	1.234.894	1.237.100	1.436.052	1.060.712	1.572.174	1.543.351	1.509.046	1.774.364	1.312.005	1.215.469	2.059.420	1.678.235	1.994.142	2.495.535	2.388.716	2.103.943	2.136.900	2.523.340	2.200.862
SERGIPE	102.520	60.942	67.983	45.285	45.946	36.058	60.493	73.384	46.001	48.504	71.818	55.662	68.651	68.882	74.491	65.060	50.400	94.061	82.099
BAHIA	80.256	76.201	81.426	54.863	97.753	134.876	138.010	151.322	144.596	144.905	145.670	143.448	161.111	172.105	170.048	117.485	115.700	102.524	81.177
MINAS GERAIS	413.196	444.859	374.923	407.332	449.932	438.051	489.372	493.526	625.036	802.058	619.544	747.053	1.093.233	1.346.598	1.664.693	1.741.649	1.909.516	2.117.696	2.207.621
ESPIRITO SANTO	8.261	21.083	29.506	37.780	71.568	49.621	52.925	50.380	54.235	45.341	45.474	22.953	58.635	54.405	56.006	48.260	48.949	86.823	85.324
RIO DE JANEIRO	280.970	416.269	324.217	351.095	389.703	402.065	421.363	351.420	373.786	357.443	307.698	218.592	312.423	331.747	347.084	286.203	262.104	243.472	241.005
SÃO PAULO	3.471.138	4.567.305	5.746.092	6.534.120	7.598.359	8.113.193	9.068.672	8.704.938	11.787.753	13.091.378	9.675.481	12.350.253	14.347.908	15.171.854	16.494.931	16.833.595	19.503.032	19.139.062	19.662.436
PARANÁ	221.113	235.827	232.776	305.148	430.990	555.875	783.531	936.854	1.244.512	1.430.202	996.539	1.351.249	1.468.921	1.865.409	1.814.018	1.503.421	2.178.077	2.510.547	2.459.512
SANTA CATARINA	28.728	25.962	29.915	28.933	19.586	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R. G. SUL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MATO GROSSO	23.200	41.557	45.847	113.888	175.755	264.538	300.894	366.706	482.767	485.107	369.530	448.354	546.153	579.401	566.728	520.989	540.200	536.234	478.424
MATO GROSSO DO SUL	20.125	28.551	46.708	73.505	66.897	135.190	191.674	165.505	250.829	320.125	231.635	327.865	373.715	402.878	411.912	400.857	576.130	616.170	657.078
GOIÁS	42.095	53.277	106.440	152.989	203.897	226.021	309.107	285.146	341.361	368.528	397.440	505.843	577.067	668.185	729.760	749.836	766.125	950.602	958.419
REGIÃO CENTRO-SUL	4.508.828	5.834.689	6.936.421	8.004.790	9.406.688	10.184.555	11.617.538	11.354.475	15.160.279	16.900.182	12.643.341	15.972.162	18.778.055	20.420.477	22.085.132	22.084.810	25.784.133	26.200.606	26.749.819
REGIÃO NORTE-NORDESTE	2.856.517	2.769.632	3.130.068	2.265.206	3.211.477	3.337.574	3.184.842	3.526.216	2.781.830	2.487.333	3.612.764	3.245.849	3.789.205	4.505.316	4.536.089	3.820.913	4.098.300	4.825.564	4.299.387
BRASIL	7.365.344	8.604.321	10.066.490	10.269.996	12.618.165	13.522.129	14.802.380	14.880.691	17.942.109	19.387.515	16.256.105	19.218.011	22.567.260	24.925.793	26.621.221	25.905.723	29.882.433	31.026.170	31.049.206

6.4 Produção Brasileira de Etanol

Tabela 8 - Produção Brasileira de Etanol

PRODUÇÃO BRASILEIRA DE ETANOL																			
Unidade:	Mil litros																		
Fonte:	União da Indústria de Cana-de-açúcar/UNICA e Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento/MAPA.																		
Elaboração:	União da Indústria de Cana-de-açúcar-UNICA																		
Nota:	Os dados da safra 2008/2009 para a Região Norte-Nordeste referem-se a posição final de 30/08/09.																		
ESTADOS/SAFRA	90/91	91/92	92/93	93/94	94/95	95/96	96/97	97/98	98/99	99/00	00/01	01/02	02/03	03/04	04/05	05/06	06/07	07/08	08/09
ACRE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RONDONIA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.224
AMAZONAS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.854	2.666	3.889	4.375	-	6.009	5.650	8.264	7.963
PARÁ	10.440	7.981	7.637	8.647	1.320	15.228	16.534	16.238	15.551	25.504	31.273	24.993	26.426	35.012	48.405	42.725	51.818	35.804	44.908
TOCANTINS	1.846	7.717	6.120	11.761	15.474	18.815	10.673	16.675	1.257	-	-	-	-	-	-	4.218	11.567	-	2.801
MARANHÃO	31.662	26.457	16.190	9.534	14.565	31.581	39.989	64.402	71.916	57.174	46.944	75.097	83.579	89.865	95.905	138.848	128.469	170.164	181.559
PIAUI	32.596	30.634	24.256	18.361	24.555	30.802	21.795	25.140	22.781	15.440	16.624	18.676	22.831	22.373	19.453	35.083	50.501	36.169	44.553
CEARÁ	15.949	12.772	5.123	3.007	2.997	17.101	17.047	12.554	17.122	2.435	783	1.186	976	317	153	1.022	1.002	571	9.241
R. G. NORTE	106.214	84.626	96.869	58.938	104.604	118.864	127.586	131.768	110.188	68.558	93.809	79.865	99.015	94.870	89.463	73.649	77.833	49.244	114.909
PARAIBA	264.424	285.772	247.914	113.857	268.325	277.683	332.300	310.279	257.090	201.593	218.322	226.606	240.367	277.763	337.947	267.578	315.114	342.266	390.695
PERNAMBUCO	517.865	503.387	437.279	225.335	397.050	485.163	665.898	549.545	433.504	339.893	297.324	261.933	306.974	378.261	414.843	328.059	318.938	508.477	530.467
ALAGOAS	778.368	726.566	718.636	412.072	633.215	614.123	874.152	838.583	561.233	550.514	712.634	562.286	567.868	725.516	687.165	546.046	604.177	852.907	845.363
SERGIPE	29.735	27.532	34.776	27.901	40.484	50.087	67.950	78.129	64.186	46.839	58.620	52.024	61.325	62.066	64.285	47.940	53.833	48.957	89.832
BAHIA	18.202	35.435	35.765	23.501	47.024	74.772	92.169	101.623	76.388	60.142	48.484	54.412	57.891	49.650	63.023	103.275	93.962	140.535	141.484
MINAS GERAIS	427.359	481.216	399.535	392.709	470.931	418.556	471.977	641.667	636.595	643.805	485.063	524.441	635.816	799.252	803.575	958.902	1.291.445	1.774.988	2.167.616
ESPIRITO SANTO	62.122	100.772	94.925	69.595	93.997	93.713	108.598	171.674	119.207	126.219	150.663	131.020	202.559	183.959	237.774	234.960	173.192	252.461	274.592
RIO DE JANEIRO	71.444	153.771	104.919	98.089	109.278	108.420	105.060	134.877	104.065	117.853	92.596	64.792	109.042	107.934	162.874	135.536	87.455	120.274	127.795
SÃO PAULO	7.766.944	8.619.674	7.911.668	8.274.879	8.696.357	8.112.257	8.950.958	9.496.528	9.020.128	8.492.368	6.439.113	7.134.529	7.690.689	8.828.353	9.107.457	9.985.276	10.910.013	13.334.797	16.722.478
PARANÁ	624.245	729.613	731.713	730.700	886.620	1.076.341	1.233.819	1.311.123	1.016.327	1.043.465	799.364	960.270	980.472	1.224.010	1.209.668	1.039.832	1.318.904	1.859.346	2.048.752
SANTA CATARINA	8.617	4.487	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R. G. SUL	2.588	2.385	4.517	3.710	-	-	-	-	-	-	-	5.306	6.411	6.045	4.823	3.338	5.686	6.818	6.318
MATO GROSSO	191.507	223.492	237.081	244.146	277.474	376.971	468.214	593.874	527.970	544.197	464.357	580.127	653.919	792.169	814.667	770.572	757.251	894.381	952.171
MATO GROSSO DO SUL	262.145	283.690	243.750	238.890	233.702	292.169	287.798	393.445	344.546	371.046	314.777	396.521	418.052	480.571	533.580	495.591	640.843	876.773	1.076.161
GOIÁS	290.879	368.201	316.833	310.738	364.401	365.669	451.611	508.339	447.979	314.759	318.431	379.284	455.124	646.344	716.937	728.535	821.556	1.213.628	1.726.080
REGIÃO CENTRO-SUL	9.707.850	10.967.301	10.044.941	10.363.456	11.132.760	10.844.096	12.078.035	13.251.527	12.216.817	11.653.712	9.064.364	10.176.290	11.152.084	13.068.637	13.591.355	14.352.542	16.006.345	20.333.466	25.101.963
REGIÃO NORTE-NORDESTE	1.807.301	1.748.879	1.630.565	912.914	1.549.613	1.734.219	2.266.093	2.144.936	1.631.216	1.368.092	1.528.671	1.359.744	1.471.141	1.740.068	1.825.313	1.594.452	1.712.864	2.193.358	2.410.999
BRASIL	11.515.151	12.716.180	11.675.506	11.276.370	12.682.373	12.578.315	14.344.128	15.396.463	13.848.033	13.021.804	10.593.035	11.536.034	12.623.225	14.808.705	15.416.668	15.946.994	17.719.209	22.526.824	27.512.962

6.5 Produção Brasileira de Açúcar e Etanol

Tabela 9 - Produção Brasileira de Açúcar e Etanol

Produtos/Safra	90/91	91/92	92/93	93/94	94/95	95/96	96/97	97/98	98/99	99/00	00/01	01/02	02/03	03/04	04/05	05/06	06/07	07/08	08/09
Cana-de-Açúcar (toneladas)	222.429.160	229.222.243	223.356.251	218.336.005	240.712.907	251.827.212	287.808.142	303.057.415	314.922.522	306.965.623	257.622.017	293.050.543	320.650.076	359.315.559	386.090.117	387.441.876	425.535.761	495.723.279	569.062.629
Açúcar (toneladas)	7.365.344	8.604.321	10.066.490	10.269.996	12.618.165	13.522.129	14.802.380	14.880.691	17.942.109	19.387.515	16.256.105	19.218.011	22.567.260	24.925.793	26.621.221	25.905.723	29.882.433	31.026.170	31.049.206
Etanol (mil litros)	11.515.151	12.716.180	11.675.506	11.276.370	12.682.373	12.578.315	14.344.128	15.396.463	13.848.033	13.021.804	10.593.035	11.536.034	12.623.225	14.808.705	15.416.668	15.946.994	17.719.209	22.526.824	27.512.962
Indicadores Rendimento	90/91	91/92	92/93	93/94	94/95	95/96	96/97	97/98	98/99	99/00	00/01	01/02	02/03	03/04	04/05	05/06	06/07	07/08	08/09
Açúcar/tonelada	30,20	26,64	22,19	21,26	19,08	18,62	19,44	20,37	17,55	15,83	15,85	15,25	14,21	14,42	14,50	14,96	14,24	15,98	18,33
Etanol/tonelada	19,32	18,03	19,13	19,36	18,98	20,02	20,06	19,68	22,74	23,57	24,32	25,40	25,40	24,26	25,04	24,30	24,02	22,01	20,68

Referências Bibliográficas

- ALVES, E. (2006). Migração rural-urbana, agricultura familiar e novas tecnologias.
- ANGELONE, M. T. (jan/abr de 2003). Elementos intervenientes na tomada de decisão. (M. T. ANGELONI, Ed.) *Ci. Inf.*, v.32 n.1, pp. 17-22.
- ANGELONI, e. a. (2002). *Organizações do Conhecimento* (1ª ed. ed.). (A. M. al., Ed.) São Paulo: Saraiva.
- ANP. (2010). *ANP - Anuário Estatístico de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis 2010*. ANP - Agência Nacional do Petróleo, Brasília - DF.
- B., O. (2009).
- BAMBER, N. G. (1994). Effect of Age and Season on Components of Yield of Sugarcane in South Africa. *Proceedings of The South African Sugar Technologists' Association*, pp. 23-27.
- BARBETTA, P. A. (1999). *Estatística aplicadas às Ciências Sociais*. Florianópolis: UFSC.
- BARBIERI, V. e. (2010). MODELAGEM DE CANA DE AÇÚCAR PARA PREVISÃO DE PRODUTIVIDADE DE CANAVIAIS NO BRASIL E NA AUSTRÁLIA. (V. BARBIERI, F. C. SILVA, & C. G. DIAS-AMBRONA, Eds.) *CAI*, pp. 745-762.
- BERGAMASCO, S. E. (2001). *Levantamento de Modelos Matemáticos Aplicados à Cana-de-Açúcar*. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa, Campinas.
- BNDES, CGEE, FAO e CEPAL. (2008). *Resumo Executivo*.
- BNDES; CGEE; FAO; CEPAL. (2008). *Bioetanol de cana-de-açúcar - Energia para o desenvolvimento sustentável*. BNDES; CGEE; FAO; CEPAL, Rio de Janeiro.
- CARMO, V. B., & TANNOUS, K. (2008). Integrando competências essenciais para o biorrefinaria sulcroalcolquímica. (V. B. CARMO, & K. TANNOUS, Eds.)
- CARR, e. a. (1991). Farming soils, not fields : a strategy for increasing fertilizer profitability. (P. M. CARR, G. R. CARLSON, J. S. JACOBSON, G. A. NIELSON, & E. O. SKOGLEY, Eds.) *Journal of production agriculture*, 4(1), pp. 57-61.
- CARVALHO, L. C. (2010). Evolução do setor cana no Estado de São Paulo. In: L. A. CORTEZ, *Bioetanol de cana-de-açúcar - P&D para produtividade e sustentabilidade*. São Paulo: Blucher.

- CGEE. (2010). *Livro Azul da 4ª Conferência Nacional de Ciência e Tecnologia e Inovação para o Desenvolvimento Sustentável*. Brasília, DF: CGEE.
- CIRANI, C. B. (2010). Inovação na Indústria Sucroalcooleira Pauista: Os Determinantes da Adoção das Tecnologias de Agricultura de Precisão.
- COELHO, A. M. (2005). Agricultura de Precisão: manejo da variabilidade espacial e temporal dos solos e culturas. *Embrapa*.
- CONAB. (2010). *PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DE CANA-DE-AÇÚCAR*. Acesso em 10 de Abril de 2011, disponível em Acompanhamento da Safra Brasileira da cana-de-açúcar: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/11_01_06_09_14_50_boletim_cana_3o_lev_safra_2010_2011..pdf
- CORTEZ, L. A. B. et al. (2010). Necessidades de P&D na área industrial da Vinhaça. (L. A. CORTEZ, C. E. ROSSEL, R. A. JORDAN, M. R. LEAL, & E. E. LORA, Eds.)
- COSAN. (12 de 2011).
- DAVENPORT, T. H. (2005). *Pense fora do quadrado* (1a. ed. ed.). Rio de Janeiro: Campus.
- DAVENPORT, T. H., PRUSAK, L. (1998). *Conhecimento Empresarial - Como as empresas gerenciam seu capital intelectual*. (3ª ed. ed.). Rio de Janeiro: ed. Campus.
- DESCONHECIDO VERIFICAR AUTOR, A. (1995). *CANA DE AÇÚCAR e seus derivados*. São Paulo.
- DRUCKER, P. e. (2011). *The best business books ever: the most influential management*.
- FIORIN, N. (31 de Março de 2011). Sr. Nestor. (S. A. SATO, Entrevistador)
- FLEURY e OLIVEIRA JR. (2001). *Gestão estratégica do conhecimento - integrando aprendizagem, conhecimento e competências* (1a. ed., Vol. I). (M. T. FLEURY, & M. d. OLIVEIRA JR, Eds.) São Paulo: Atlas.
- FREIRE, W. J. (2000). *Vinhaça de cana-de-açúcar*. (W. J. FREIRE, Ed.)
- FUJIWARA, e. a. (Outubro de 2009). Improvement of bioethanol production by a real-time optical fiber sensing of the ethanol concentration in multiple processing stages. In: E. FUJIWARA, F. DOLLINGER, M. LOW, E. ONO, C. E. ROSSELL, & C. K. SUZUKI (Ed.), *VII Workshop Brasil Japão* (pp. 53-63). Campinas: VII Workshop Brasil Japão.
- GAUDER, M. e. (16 de Setembro de 2010). The impact of a growing bioethanol industry on food production in Brazil. (M. GAUDER, S. GRAEF-HÖNNINGER, & W. CLAUPEIN, Eds.) *Applied Energy* 88, pp. 672-679.

- GIL, A. C. (1991). *Como elaborar projetos de pesquisa*. (1ª ed. ed.). (A. C. Gil, Ed.) São Paulo: ed. Atlas.
- GLOBO. (2007). Cigarrinha na Fazenda Tarumã. (F. Leopissi, Entrevistador) REDE GLOBO DE TELEVISÃO. Tarumã.
- GLOBO. (2009). Ferrugem alaranjada chega ao Brasil. *Globo Rural*. (GLOBO, Ed.) São Paulo.
- GORDINHO, M. C. (2010). *Do álcool ao etanol: trajetória única* (1a. ed. ed., Vol. I). (M. C. Gordinho, Ed., & B. Nicholson, Trad.) São Paulo: ed. Terceiro Nome.
- GRISI, E. F. et al. (5 de Agosto de 2010). A short-term scheduling for the optimal operation of biorefineries. (E. F. GRISI, J. M. YUSTA, & H. M. KHODR, Eds.) *Energy Conversion and Management*(52), pp. 447-456.
- LAUDON, K., & LAUDON, J. (2004). *Sistemas de informação gerenciais - Administrando a empresa digital* (2ª ed. ed.). São Paulo: Pearson.
- LEBAS, M. J. (1995). Performance measurement and performance management. *Int. J. Production Economics* 41 (), pp. 23-35.
- LEITE, F. G. (1999). AVALIAÇÃO ECONÔMICA DA ADUBAÇÃO COM VINHAÇA E DA ADUBAÇÃO MINERAL DE SOQUEIRAS DE CANA-DE-AÇÚCAR NA USINA MONTE ALEGRE Ltda. - MONTE BELO – MG. (F. G. LEITE, Ed.) *Revista da Universidade de Alfenas*, pp. 189-191.
- LERAYER, A. et al. (2010). *Transgênicos*. CIB - Conselho de Informações sobre Biotecnologia, Campinas.
- LERAYER, A.; et al. (2009). Guia de Cana-de-Açúcar - Avanço científico beneficia o País.
- LIMA, M. A. (2010). A necessidade de pesquisa básica para cana e etanol. In: L. A. CORTEZ, *Bioetanol de cana-de-açúcar - P&D para produtividade e sustentabilidade*. São Paulo: Blucher.
- LIMA, M. A., & NATALENSE, A. P. (2010). A necessidade de pesquisa básica para cana e etanol. In: L. A. CORTEZ, *Bioetanol de cana-de-açúcar - P&D para produtividade e sustentabilidade*. São Paulo: Blucher.
- MACEDO, I. C., & SEABRA, J. E. (14 de Janeiro de 2008). Green house gases emissions in the production and use of ethanol from sugarcane in Brazil: The 2005/2006 averages and a prediction for 2020. (I. C. MACEDO, J. E. SEABRA, & J. E. SILVAC, Eds.) *BIOMASS AND BIOENERGY* 32, pp. 582-595.

- MAPFRE. (01 de 2012). São Paulo, SP, Brasil.
- MOREIRA e QUEIROZ et al. (2007). *Inovação organizacional e tecnológica* (1a. ed., Vol. I). (D. A. MOREIRA, A. C. QUEIROZ, C. A. RÍMOLI, M. W. VASCONCELOS, R. A. RASCHIATORE, & H. R. LISONDO, Eds.) São Paulo: Thompson.
- MOREIRA, M. A. (2006). *Mapas Conceituais e Diagramas V*. (M. A. MOREIRA, Ed.) Porto Alegre,, Rio Grande do Sul: Instituto de Física Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- NETO, I. e. (2005). Análise do sistema logístico de descarga de cana inteira e picada de uma usina de cana de açúcar. (A. P. IANNONI, & R. M. NETO, Eds.)
- NONAKA. (February de 1994). A dynamic theory of organizational knowledge creation. (I. NONAKA, Ed.) *Organization Science*, 5(1), pp. 14-37.
- NONAKA, I., & TAKEUCHI, H. (1998). *Criação de conhecimento na empresa* (2a. ed. ed.). Rio de Janeiro: Campus.
- OBAMA, B. (2009). *Revista oficial do Ethanol Summit*, 71-71.
- O'BRIEN, J. (2002). *Sistemas de Informações e as decisões gerenciais na era da Internet*. (2ª ed. ed.). São Paulo: Saraiva.
- PERRONE et al. (3 de November de 2010). Ethanol: An Evaluation of its Scientific and Technological Development and Network of Players During the Period of 1995 to 2009. (C. C. PERRONE, L. G. APPEL, V. L. LELLIS, F. M. FERREIRA, A. M. SOUSA, & V. S. FERREIRA-LEITÃO, Eds.) *Wast Biomass Valor*, pp. 2:17-32.
- Pierce, F. J., & Sadler, E. J. (1997). *The state of site specific management for agriculture*. (F. J. Pierce, & E. J. Sadler, Eds.) Missouri, USA: The state of site specific management for agriculture.
- PIMENTEL, D., & PATZEK, T. W. (2008). Ethanol Production: Energy and Economic Issues Related to U.S. and Brazilian Sugarcane. In: D. PIMENTEL, T. W. PATZEK, D. PIMENTEL, & T. W. PATZEK (Eds.), *Solar and Wind as Renewable Energy Systems BioFuels* (pp. 357-371). New York: Springer Science+Business Media B.V.
- POLANYI. (1957).].
- REICHENBERG, I., & RUSSNOGLE, J. (1989). Farming by foot. (I. REICHENBERG, & J. RUSSNOGLE, Eds.) *Farmer's Journal*, 113, pp. 11-15.

- ROSA, R. (1992). *Introdução ao Sensoriamento Remoto* (2ª Edição Revisada ed., Vol. 1). (R. ROSA, Ed.) Uberlândia., SP: Ed. da Universidade Federal de Uberlândia.
- ROSSETO, R., & SANTIAGO, A. D. (2010). *Adubação - resíduos alternativos*. Acesso em 23 de Abril de 2011, disponível em Embrapa - Ciência de Informação Cana-de-açúcar - Web Site: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_39_711200516717.html
- SAVAGE, C. M. (1996). *Fifth generation management*. Butterworth-Heinemann.
- SAWYER, J. E. (1994). Concepts of variable rate technology with considerations for fertilizer application. (J. E. SAWYER, Ed.) *Journal of production agriculture*, 7(2), pp. 195-201.
- SCHUELLER, J. K. (1991). In-field site-specific crop production. In: J. K. SCHUELLER (Ed.), *Automated agriculture for the 21st century* (pp. 291-292). St. Joseph: American Society of Agricultural Engineers.
- SCHWARTZ, D. G. (2006). *Encyclopedia of knowledge management* (1ª ed., Vol. 1). (D. G. SCHWARTZ, Ed.) London, Covent Garden, United Kingdom: Idea Group Inc (IGI).
- SENGE, P. M. (2010). *The Fifth Discipline - THE ART AND PRACTICE OF THE LEARNING ORGANIZATION*. New York, New York, EUA: DOUBLEDAY.
- SILVA, A. B. (2003). *Sistemas de Informações Geo-Referenciadas - Conceitos e fundamentos* (1a. ed. ed.). Campinas: UNICAMP.
- SOUSA e MACEDO. (2010). *Etanol e bioeletricidade* (1a. ed. ed., Vol. I). (E. L. Souza, & I. d. Macedo, Eds.) São Paulo: ed. Luc.
- STEWART, T. A. (1998). *Capital Intelectual* (2a. ed.). (T. A. Stewart, Ed.) Rio de Janeiro: Ed. Campus.
- SUGAHARA, C. R.; JANNUZZI, P. M. (2005). Estudo do uso de fontes de informação para inovação tecnológica na indústria brasileira. *Ciência da Informação*, v. 34(n. 1), pp. p. 45-56.
- TAVARES, R. (03 de dezembro de 2007). Construindo mapas conceituais. (R. TAVARES, Ed.) *Ciências & Cognição 2007, Vol 12*, pp. 72-85.
- TORRES, T. Z. (2011). Knowledge management and communication in Brazilian agricultural research: An integrated procedural approach. (T. Z. TORRES, I. J. PIEROSSO, N. R. PEREIRA, & A. CASTRO, Eds.) *International Journal of Information Management*, pp. 121-127.

- UNICA. (2008). *Etanol - Uma atitude inteligente*. UNICA - União da Indústria de Cana-de-Açúcar, São Paulo.
- UNICA. (10 de março de 2010). *Etanol uma atitude inteligente*. (U. –U. Cana-de-Açúcar, Editor, & UNICA – União da Indústria da Cana-de-Açúcar) Acesso em 10 de março de 2010, disponível em Etanol uma atitude inteligente: <http://www.etanolverde.com.br>
- UNICA. (24 de março de 2011). *UNICA e Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento/MAPA*. Acesso em 24 de março de 2011, disponível em Dados e Cotações - Estatísticas União da Indústria de Cana-de-açúcar: <http://www.unica.com.br/dadosCotacao/estatistica/>
- WACLAVOVSKY, e. a. (2010). Sugarcane for bioenergy production: an assessment of yield and regulation of sucrose content. (e. a. WACLAVOVSKY, Ed.) *Plant Biotechnology Journal* 8, pp. 263–276.
- WALKER, G. M. (2010). *Bioethanol: Science and Technology of Fuel Alcohol* (1a. ed., Vol. I). (G. M. WALKER, Ed.) Dundee, Scotland: Graeme M. Walker & Ventus Publishin ApS.