**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

Gestão da qualidade agrícola para o setor sucroenergético

André Fernando Ferreira

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências. Área de concentração:
Máquinas Agrícolas

**Piracicaba
2012**

André Fernando Ferreira
Engenheiro Agrícola

Gestão da qualidade agrícola para o setor sucroenergético

Orientador:
Prof. Dr. **MARCOS MILAN**

Dissertação apresentada para obtenção do título
de Mestre em Ciências. Área de concentração:
Máquinas Agrícolas

**Piracicaba
2012**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - ESALQ/USP**

Ferreira, André Fernando
Gestão da qualidade agrícola para o setor sucroenergético / André Fernando
Ferreira.- - Piracicaba, 2012.
77 p: il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2012.

1. Cana-de-açúcar 2. Desdobramento da função qualidade 3. Indicadores de
qualidade 4. Qualidade do processo - Planejamento I. Título

CDD 633.61
F383g

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

DEDICATÓRIA

Ao meu pai José Carlos Ferreira e à minha mãe Lúcia Fátima dos Santos Ferreira, pelos ensinamentos, motivação, perseverança e exemplo de dignidade.

Meus queridos irmãos Fernanda Aline Ferreira e Ivan Thiago Ferreira pelo apoio, compreensão e motivação.

A Marcela Galani Rocha, pelo amor, companheirismo, força e paciência.

E à Euridice Candido (in memória) pelo amor incondicional, ternura e dedicação.

“Nada na vida acontece por um acaso, e se aconteceu DEUS quis assim. O que me resta é só correr atrás de meus objetivos, ainda mesmo que pessoas conspirem ao contrário. DEUS estará comigo.”

Eça de Queiroz

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a **Deus** por tudo.

Ao **Prof. Dr. Marcos Milan** pelo exemplo, amizade e orientação acadêmica, profissional e pessoal.

À **Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**, por meio do **Departamento de Engenharia Biossistemas**, pela infraestrutura disponibilizada e oportunidade de realização do mestrado.

À **Destilaria Pyles** pelo apoio e realização desse trabalho.

Aos professores: **Edgar Gomes Ferreira de Beauclair, José Paulo Molin, José Vicente Caixeta Filho e Thiago Liborio Romanelli**, pelos ensinamentos.

Aos amigos **André Colasso, Carlos Amalry, Eloy Karan e Nelson Franco Júnior**, pelos momentos compartilhados e a excelente convivência.

Aos funcionários do **Departamento de Engenharia Biossistemas** e da **Biblioteca Central**.

A todos aqueles que contribuíram diretamente ou indiretamente para a realização desse trabalho.

SUMÁRIO

RESUMO	9
ABSTRACT	11
LISTA DE FIGURAS	13
LISTA DE TABELAS	15
1 INTRODUÇÃO	17
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
2.1 PLANEJAMENTO DA QUALIDADE	20
2.2 DESDOBRAMENTO DA FUNÇÃO DA QUALIDADE (QFD)	21
2.3 APLICAÇÕES DO MÉTODO QFD	22
2.4 PROCESSOS DE PRODUÇÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR	23
2.4.1 Planejamento da qualidade para o processo de preparo de solo	24
2.4.2 Planejamento da qualidade para o processo de plantio	25
2.4.3 Planejamento da qualidade para o processo de tratos culturais	25
2.4.4 Planejamento da qualidade para o processo de colheita mecanizada	27
3 MATERIAL E MÉTODOS	29
3.1 Etapa 1 - Obtenção da qualidade exigida (“O Quê’s”)	31
3.2 Etapa 2 - Característica da qualidade (“Como’s”)	31
3.3 Etapa 3 – Grau de importância	32
3.4 Etapa 4 - Qualidade planejada	32
3.4.1 Avaliação comparativa	32
3.4.2 Plano de melhoria	33
3.4.3 Índice de melhoria	33
3.4.4 Argumento técnico	33
3.4.5 Peso absoluto e relativo	34
3.5 Etapa 5 – Matriz de relação	34
3.6 Etapa 6 – Qualidade projetada	35

3.7 Etapa 7 – Matriz de correlação	36
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
4.1 Qualidade exigida para o processo de produção (“O Quê’s”)	38
4.1.1 Qualidade exigida para um “bom planejamento”	41
4.1.2 Qualidade exigida para um “bom preparo de solo”	42
4.1.3 Qualidade exigida para um “bom plantio”	42
4.1.4 Qualidade exigida para “bons tratos culturais”	43
4.1.5 Qualidade exigida “boa colheita mecanizada”	43
4.2 Características da qualidade para o processo de produção (“Como’s”)	44
4.3 Grau de Importância	46
4.4 Qualidade Planejada	47
4.4.1 Avaliação Comparativa	47
4.4.2 Plano de Melhoria	48
4.4.3 Índice de Melhoria	49
4.4.4 Argumento Técnico	49
4.4.5 Peso absoluto e relativo da qualidade planejada	49
4.5 Matriz de relação	56
4.5.1 Visão parcial da matriz de relação para o macroprocesso “bom planejamento”	59
4.5.2 Visão parcial da matriz de relação para o macroprocesso “bom preparo de solo”	60
4.5.3 Visão parcial da matriz de relação para o macroprocesso “bom plantio”	61
4.5.4 Visão parcial da matriz de relação para o macroprocesso “bons tratos culturais”	62
4.5.4 Visão parcial da matriz de relação para o macroprocesso “boa colheita mecanizada”	64
4.6 Qualidade Projetada	65
4.7 Matriz de correlação	67
5 CONCLUSÃO	71
REFERÊNCIAS	73
ANEXO	77

RESUMO

Planejamento da qualidade agrícola para o setor sucroenergético

A competitividade existente no setor sucroenergético faz com que as empresas busquem novos modelos de sobrevivência e desenvolvimento. A produção da cultura de cana-de-açúcar apresenta elevada complexidade, sendo constituída de inúmeros processos interdependentes, de modo que a qualidade da matéria prima é dependente destes processos. O dinamismo natural e a complexidade do processo de produção da cana apresentam um grande número de variáveis que podem afetar a qualidade da matéria-prima. Devido a este fato surgem dificuldades de priorização das atividades (foco), contribuindo para a não otimização dos processos, gerando assim desperdícios. O objetivo deste projeto foi planejar a qualidade do processo, identificando os indicadores críticos. O mapeamento do processo de produção foi identificado por meio de revisões bibliográficas obtendo-se assim as qualidades exigidas e as características da qualidade para todo o processo de produção da cultura da cana-de-açúcar, resultando na construção da matriz da qualidade. A qualidade exigida pela cana de açúcar foi dividida em 5 macroprocessos e as características da qualidade foram divididas em 3 macroprocessos. Por meio da metodologia do Desdobramento da Função da Qualidade (QFD) identificou-se que das 122 qualidades exigidas prioritárias identificadas por meio de revisões bibliográficas para o processo de produção, 86 delas correspondem a 80% de toda a qualidade exigida e das 93 características da qualidade identificadas, 52 correspondem a 80% de todos os indicadores críticos. Após a identificação das qualidades exigidas prioritárias e das características da qualidade para o processo de produção da destilaria efetuou-se a correlação entre os indicadores. Ao realizar as correlações observou-se que os indicadores produtividade do canavial e porcentagem de falha foram os indicadores que tiveram maior correlação, devido a eles estarem diretamente ligados a todo o processo de produção.

Palavras-chave: Planejamento da qualidade; QFD; Cana-de-açúcar

ABSTRACT

Agriculture quality planning for sugar cane industry

The existing competitiveness in the sugarcane industry causes companies to seek new models of survival and development. The sugarcane production has a high level of complexity, consisting of several interdependent processes, which the quality of raw materials depends upon. The dynamic nature and complexity of sugarcane production, containing a large number of variables, can affect the quality of raw material. Therefore, difficulties in prioritizing activities (focus) arise, not contributing to the optimization of the processes, thereby generating waste. The objective of this project was to plan the quality of the process, identifying the critical indicators. The production process mapping was identified from literature reviews, thus obtaining the required qualities and the characteristics of quality for the entire sugarcane process, resulting in the construction of the quality matrix. The quality demanded by the sugarcane was divided into five macro processes, whereas the quality characteristics were divided into three macro processes. Through the methodology of Quality Function Deployment (QFD), it was identified that of the 122 priority required qualities identified from literature reviews, 86 of them account for 80% of all required quality; of the 93 identified quality characteristics, 52 correspond for 80% of all critical indicators. After the identification of the priority required qualities and the quality characteristics for the production process of distillery, a correlation between the indicators was done. It was observed during the correlation stage that the sugarcane productivity and the failure percentage were the indicators with the greatest correlation, due to them being directly connected to the entire production process.

Keywords: Quality planning; QFD; Sugar cane

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Matriz da qualidade dividida em etapas, demonstrando sua sequência de realização.....	30
Figura 2 - Diagrama de árvore e tabela de afinidades	31
Figura 3 - Qualidade exigida da cultura de cana-de-açúcar (“O Quê’s”)	39
Figura 4 - Características da qualidade para a cana-de-açúcar (“Como’s”)	45
Figura 5 - Pesos relativos classificados em ordem decrescente da qualidade planejada	50
Figura 6 - Itens prioritários correspondentes à qualidade exigida para o macroprocesso “bom planejamento”	51
Figura 7 - Itens prioritários correspondentes à qualidade exigida para o macroprocesso “bom preparo de solo”	52
Figura 8 - Itens prioritários correspondentes à qualidade exigida para o macroprocesso “bom plantio”	53
Figura 9 - Itens prioritários correspondentes à qualidade exigida para o macroprocesso “bons tratos culturais”	54
Figura 10 - Itens prioritários correspondentes à qualidade exigida para o macroprocesso “boa colheita mecanizada”	55
Figura 11 - Visão parcial da matriz da qualidade com as respectivas relações entre a qualidade exigida “O Que’s” e a característica da qualidade “Como’s”	57
Figura 12 - Relação entre o macroprocesso “bom planejamento” com os itens da característica da qualidade	59
Figura 13 - Relação entre o macroprocesso “bom preparo de solo” com os itens da característica da qualidade	61
Figura 14 - Relação entre o macroprocesso “bom plantio” com os itens da característica da qualidade	62
Figura 15 - Relação entre o macroprocesso “bons tratos culturais” com os itens da característica da qualidade	63
Figura 16 - Relação entre o macroprocesso “boa colheita mecanizada” com os itens da característica da qualidade	64
Figura 17 – Visão parcial das correlações entre os indicadores técnicos.....	68

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Pesos e relações do grau de importância para os itens da qualidade exigida	32
Tabela 2 – Pesos e relações do grau de satisfação para os itens da qualidade exigida	33
Tabela 3 – Pesos e relações do argumento técnico para os itens da qualidade exigida	34
Tabela 4 - Relações, pesos e símbolos para a realização da matriz de qualidade.....	35
Tabela 5 - Correlações características da qualidade	36
Tabela 6 – Desdobramento da qualidade exigida nos 3 níveis	41
Tabela 7 – Desdobramento das características da qualidade exigida nos 2 níveis	46
Tabela 8 – Notas do grau de importância	46
Tabela 9 – Avaliação comparativa dos itens da qualidade exigida entre o fornecedor e a destilaria.....	47
Tabela 10 – Notas atribuídas pela equipe para o plano de melhoria.....	48
Tabela 11 – Pesos atribuídos pela equipe para o argumento técnico.....	49
Tabela 12 – Itens da qualidade projetada prioritários (indicadores críticos) para o processo de produção da destilaria	66
Tabela 13 – Visão parcial das correlações para o indicador “produtividade do canavial”	69
Tabela 14 – Correlação para o indicador tempo de ciclo dos caminhões.....	70

1 INTRODUÇÃO

A necessidade das empresas se tornarem competitivas em um mercado cada dia mais exigente, força-as a buscar novos modelos de sobrevivência e de desenvolvimento. Investir em qualidade e preparar a empresa para a atualidade e o futuro é uma realidade de mercado, mas estes investimentos devem ser fundamentados e com uma visão de longo prazo. Para tanto, o planejamento das atividades tem como objetivo organizar informações, priorizar problemas a serem resolvidos e o seu encaminhamento para soluções, contribuindo para melhor gerenciamento da atividade produtiva.

O setor sucroenergético na última década sofreu alterações, deixando de operar sob controle familiar, buscando novos recursos por meio da abertura de capitais, tornando-se assim grandes corporações. O setor compreende todas as atividades agrícolas e industriais relacionadas à produção de açúcar, bioetanol e bioeletricidade. A produção desses produtos decorre do processamento da cana-de-açúcar.

No período de 2001/12, o país produziu 560 milhões de toneladas da cultura, sendo São Paulo, Minas Gerais, Goiás e Paraná os maiores produtores (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE, 2011). O Brasil exporta 60% de toda sua produção de açúcar, dominando 40% do mercado internacional, e é o maior exportador mundial dessa “commodity”.

Para atender a essa demanda mundial é preciso que o setor produza ou tenha fornecedores da matéria-prima. Como exemplo, o estado de São Paulo, maior produtor brasileiro, tem uma área cultivada de 4,3 milhões de hectares, para atender a demanda de cana de açúcar para moagem. A produção da cana-de-açúcar apresenta elevada complexidade, sendo constituída de inúmeros processos interdependentes, tais como, o planejamento agrícola, o preparo de solo, o plantio, os tratos culturais e a colheita, de modo que a qualidade da matéria-prima entregue para a indústria depende desses processos. O dinamismo natural e a complexidade do desenvolvimento da cultura apresentam um grande número de variáveis que podem afetar a produtividade e a qualidade da matéria-prima. Nesse contexto, o planejamento do processo produtivo é de fundamental importância para definir as variáveis que podem influir no desenvolvimento da cultura e consequentemente na

produtividade e qualidade da matéria-prima, contribuindo para a otimização dos recursos, evitando desperdícios.

Considerando-se a complexidade envolvida no processo de produção da cultura e a importância da produtividade para manter a competitividade e, conseqüentemente, a sobrevivência do negócio, este trabalho tem o objetivo de, à partir das necessidades da cultura, desenvolver o planejamento do processo de produção da cana de açúcar e identificar as variáveis críticas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Oliveira (2006) define o planejamento como um processo de decisão que depende de informações precisas, aceitação de visões diferentes e vontade de buscar soluções conjuntas que sejam aceitáveis por toda a corporação, principalmente para as partes envolvidas, levando continuamente ao aprendizado.

No que concerne à cana-de-açúcar, remonta a meados dos anos de 1980 o início de nova fase no processo de reestruturação produtiva, que atingiu as divisões rural, industrial e administrativa (Scopinho, 2000). Essa mudança fez-se em função da necessidade de incrementar a produtividade, aprimorar a qualidade e reduzir custos, influenciando na melhoria do atendimento às exigências do mercado consumidor.

Para Milan e Fernandez (2002), a sobrevivência das empresas agrícolas está ligada à implantação de novas técnicas administrativas, baseadas na gestão da qualidade, e novas maneiras de pensar. Peche Filho (1994) considera o controle de qualidade em operações agrícolas como a adoção de um conjunto de procedimentos que promovem serviços e resultados, atendendo com precisão às exigências da máquina à qual cabe a operação seguinte.

A qualidade exigida da matéria-prima cana-de-açúcar refere-se ao grau de pureza encontrado no caldo (sacarose aparente contida nos sólidos solúveis totais do caldo) com um valor recomendado acima de 85%, açúcares totais recuperáveis (ATR) apresentando um valor máximo recomendado de 15%, fibras com variação de 11% a 14%, menor presença de impurezas vegetais (folhas verdes, palha e palmitos) e minerais (terra e pedras) apresentando um valor máximo recomendado de 5%. (Tasso júnior et al., 2007; Deon et al., 2010).

Diversos fatores podem interferir na qualidade da matéria-prima, de modo que o resultado a ser obtido depende das condições em que a cultura ficou sujeita (Gilbert et al., 2006).

2.1 PLANEJAMENTO DA QUALIDADE

Segundo Gomes Filho e Brunstein (1995) a qualidade e os sistemas de Qualidade são fatores que internacionalmente vêm recebendo importante atenção, na medida em que, dentro do processo natural de concorrência, as empresas vêm buscando cada vez mais diferenciar suas linhas de produtos, seja ampliando a família de produtos, seja introduzindo inovações incrementais. Por sua vez, o mercado consumidor torna-se cada vez mais exigente, demandando produtos e serviços com boa qualidade e que satisfaçam suas necessidades específicas.

Monaco e Guimarães (2000) relatam que muitas empresas adotam o planejamento da qualidade como saída para resolver problemas imediatos e a curto prazo, tais como de relacionamento dentro da empresa, de capacitação de mão-de-obra ou para solucionar problemas de baixa qualidade nos produtos e serviços; entretanto poucas se preocupam realmente com as implicações sociais, culturais e organizacionais de tais programas.

Souza e Collaziol (2006) relatam que as empresas permanecem não dedicam ao planejamento e controle da qualidade a mesma atenção que dedicam à formalização do processo com vistas a obter a certificação do sistema de gestão da qualidade.

Campos et al. (2008) relatam que o conceito de qualidade ainda é recente na agricultura, mas altamente aplicável, uma vez que as operações agrícolas são interdependentes, e a qualidade de uma operação afeta a subsequente.

Sendo assim, o QFD é um método que visa buscar, traduzir e transmitir as exigências dos clientes em características da qualidade do produto, ou seja, possuir foco no cliente, de modo a identificar a característica da qualidade exigida pelos mesmos por intermédio de desdobramentos sistemáticos (Govers, 1996).

2.2 DESDOBRAMENTO DA FUNÇÃO DA QUALIDADE (QFD)

Akao (1997) relata que o método foi desenvolvido no Japão a partir do final dos anos 60, tendo sido conhecido no ocidente, na forma que é hoje utilizado, no ano de 1972. O QFD foi introduzido nos EUA e Europa (mais especificamente na Itália) no início da década de 80. A história do QFD no Brasil é um pouco mais recente, com cerca de dez anos. Foi citado pela primeira vez no país, por um dos seus criadores, Yoji Akao, em uma conferência sobre Controle da Qualidade realizada no Rio de Janeiro. A partir de 1990 começou a ser utilizado por muitas empresas. Dentre as aplicações relatadas no país, podem ser citados casos de implantação na indústria automotiva, empresas siderúrgicas e setores de serviços, dentre outros.

Miguel (2003), relata que a fim de que se possa ter garantia da qualidade no projeto, o QFD possibilita traduzir os requisitos e necessidades dos clientes (qualidades exigidas) em características da qualidade, ou seja, em atributos e especificações do produto, buscando o desdobramento da qualidade do projeto/serviço por meio do uso de matrizes. Essas matrizes contém as informações e dados necessários para que a qualidade seja obtida. Entretanto, as informações das matrizes devem ser colocadas em prática. Nesse sentido, o QFD também atua como uma forma de comunicar sistematicamente a informação relacionada com a qualidade e de explicitar ordenadamente o respectivo trabalho (função) para colocar em prática essas informações.

Carnevalli e Miguel (2007) relatam sobre alguns dos benefícios da aplicação do QFD, sendo estes divididos em tangíveis e intangíveis. Como benefícios tangíveis podem ser citados tais como: melhoria da confiabilidade; redução do número de alteração do projeto/serviço; diminuição do tempo de projeto/serviço e de seus custos; dentre outros. E como benefícios intangíveis foram identificados aumento da receita; redução de reclamações; dentre outros.

2.3 APLICAÇÕES DO MÉTODO QFD

Marcos e Jorge (2002), com o intuito de atender às exigências dos consumidores relativas ao tomate de mesa, aplicaram o método QFD ao tomate comercializado em um supermercado localizado em Campinas/SP. Para a realização deste trabalho foi desenvolvido um produto a partir das características exigidas pelo consumidor, estabelecendo como concorrente o tomate “Carmem”. Com as características exigidas pelos clientes e condizentes com a estratégia do supermercado, foi possível atingir as metas estabelecidas para a qualidade planejada, bem como o objetivo relativo a perdas, tendo-se alcançado o valor de 0% de perdas. Os resultados objetivos comprovaram a aplicabilidade do método QFD a produtos agrícolas comercializados in natura, tendo-se alcançado os benefícios esperados.

Milan et al. (2003) realizaram um trabalho com o objetivo de definir as prioridades do preparo de solo de acordo com as necessidades da muda de eucalipto; para tanto utilizou-se da função desdobramento da qualidade (QFD) para identificá-las. Os autores relatam os requisitos técnicos: largura e profundidade do sulco e tamanho dos torrões foram os mais importantes para atender às demandas das mudas.

Carnevali et al. (2004), realizaram o trabalho com o objetivo de avaliar a extensão do uso do QFD no Brasil, investigando, principalmente, as maiores empresas privadas por faturamento, de forma a identificar os benefícios e dificuldades para implementar o método, bem como organizações que já têm experiência com sua aplicação. Para atingir esse objetivo, um levantamento exploratório tipo “survey” foi realizado em uma amostra não aleatória, utilizando como instrumento para coleta dos dados um questionário enviado via correio. A taxa de retorno foi de aproximadamente 21%, e os resultados indicaram que pouco mais de 18% das empresas utilizam o método. Essas empresas iniciaram a aplicação do QFD durante os anos 90, indicando que a utilização do QFD é relativamente recente no País.

Miguel (2009) efetuou o trabalho em uma empresa fornecedora para o setor de embalagens por meio dos ciclos da pesquisa-ação, cujos resultados são descritos tendo como contexto a estruturação do PDP e a adoção do QFD. O PDP

reestruturado, resultante da base teórica adotada, proporcionou uma melhoria para o desenvolvimento de novos produtos comparativamente à versão anterior, alocando com maior precisão as atividades de desenvolvimento de novos produtos. Em relação ao uso do QFD, o método proporcionou um suporte adequado a estas atividades, como organização, registro das informações e de uma sequência lógica para as atividades associadas às dimensões de mercado e de desenvolvimento das especificações.

Pelóia e Milan (2010) com o intuito de identificar a qualidade operacional do plantio de cana-de-açúcar. Os autores relatam que a importância das operações para o desenvolvimento na cultura e os custos associados a essas operações foram os fatores que determinaram o desenvolvimento deste trabalho, cujo objetivo é o de identificar os fatores críticos e analisar o processo de melhoria contínua no plantio da cana-de-açúcar. Obtiveram-se dezesseis itens críticos (potenciais de falha) e desses, dois foram avaliados. Com as melhorias, observou-se aumento dos valores dentro dos limites desejados, porém os itens analisados foram considerados como instáveis.

2.4 PROCESSOS DE PRODUÇÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR

De acordo com Moraes (2007) o setor de açúcar e álcool nacional tem passado por profundas alterações nos anos recentes, com impactos importantes sobre a organização setorial, estratégias empresariais e sobre o mercado de trabalho. Campos et al. (2008) relatam que em razão do aumento da demanda, faz-se necessária a manutenção e o incremento da produtividade no campo, otimizando, assim, os recursos já disponibilizados. O aprimoramento das operações agrícolas envolvidas na produção é uma das alternativas para o aumento da produtividade. É necessário, por questões operacionais e custos envolvidos, identificar aquelas operações de maior importância e estabelecer os padrões a serem atendidos por elas.

No trabalho realizado por Barros e Milan (2010) foram identificados seis processos de maior criticidade: a) eliminação mecânica da soqueira; b) sulcação; c) cultivo triplice; d) colheita; e) carregamento; f) aplicação de herbicidas. Em cada um desses processos, foram levantados os modos de falha, suas causas e efeitos. Dezessete causas foram identificadas, sendo a cana crua e o espaçamento irregular

entre sulcos as que tiveram maior pontuação, com sete pontos cada uma, sendo consideradas como as variáveis críticas. As outras variáveis, com a respectiva pontuação, foram: distribuição desuniforme da palha (3); quebras no equipamento (3); fatores climáticos (2); desponete da cana (2); tráfego descontrolado (2); altura de corte alto (2), e desuniformidade da leira (2).

Nesse contexto, é de fundamental importância o aprimoramento das operações agrícolas, não só porque elas constituem a base do processo de produção, mas também pela influência direta sobre a germinação, o desenvolvimento e a produtividade da planta (Horii, 2004).

2.4.1 Planejamento da qualidade para o processo de preparo de solo

De acordo com Araújo e Monteiro (2007), a qualidade do solo é definida como a capacidade em funcionar dentro do ecossistema para sustentar a produtividade biológica, manter a qualidade ambiental e promover a saúde das plantas e animais. Outras definições para a qualidade do solo são:

i) "capacidade de um tipo específico de solo funcionar como ecossistema natural ou manejado para sustentar a produtividade animal e vegetal, manter a qualidade da água e do ar e suportar o crescimento humano" (Karlen et al., 1997); ii) "condição do solo relativa aos requerimentos de uma ou mais espécies biológicas e/ou de algum propósito humano" (JOHNSON et al., 1997); iii) "capacidade do solo de sustentar a diversidade biológica, regular o fluxo de água e solutos, degradar, imobilizar e detoxificar compostos orgânicos e inorgânicos e atuar na ciclagem de nutrientes e outros elementos" (Seybold et al., 1998).

Devido ao crescimento populacional e a crise de alimentos no mundo, o manejo intensivo do solo, a monocultura e o uso de pesticidas e fertilizantes tornaram-se práticas comuns para o aumento da produção agrícola. A utilização destas práticas tem ocasionado perda de matéria orgânica do solo, erosão e contaminação das águas subterrâneas, além de prejuízos à microbiota e seus processos bioquímicos (Araújo; Monteiro, 2007).

Karlen et al. (2003) e Milan et al. (2003) relatam que a qualidade do solo é mensurada através do uso de indicadores, atributos que medem ou refletem o status

ambiental ou a condição de sustentabilidade do ecossistema. Os indicadores de qualidade do solo podem ser classificados como físicos, químicos e biológicos.

2.4.2 Planejamento da qualidade para o processo de plantio

Beauclair e Scarpari (2006) relatam que o processo de plantio é responsável por 45% do custo total na produção agrícola da cultura de cana, sendo esta prática a que mais envolve o conhecimento das relações solo-planta-atmosfera. A interação desses fatores pode ditar o sucesso ou o fracasso de todo o ciclo da cultura que, normalmente, é de cinco a seis anos.

De acordo com Coleti e Stupello (2006) as principais atividades envolvendo as operações de plantio são o espaçamento entre fileiras, a profundidade do sulco, a época de plantio, a quantidade de mudas e os cuidados necessários que envolvem essas operações. Os autores salientam a importância das operações iniciais exigindo assim um bom planejamento e muito conhecimento técnico.

Independente do método a ser utilizado, o plantio da cana deve cumprir seu objetivo, de modo a atender as exigências da cultura no sistema em que se deseja implantá-la (Beauclair; Scarpari, 2006).

Campos et al., (2008) relatam que existem diversos fatores que influenciam no plantio, tais como: variedade da cana, idade e porte da muda, tamanho do rebolo, cobertura do sulco, distância da área de colheita das mudas à área de plantio, topografia, formato do talhão, características da colhedora, do transbordo e da plantadora.

De acordo com Barros e Milan (2010), proporcionar as condições necessárias ao desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar, bem como o crescimento radicular e a brotação, o que corresponde à fase fenológica 1 da cultura, contribui positivamente para o aumento da produtividade e influência diretamente na longevidade do canavial.

2.4.3 Planejamento da qualidade para o processo de tratos culturais

É fundamental ressaltar que tanto a produção de açúcar (sacarose) quanto a de álcool etílico são realizadas no campo, tornando-se assim os nutrientes essenciais não só para o crescimento e desenvolvimento da cultura da cana, mas

também para a participação em inúmeras reações, até a produção do produto final. Além de carbono (C), hidrogênio (H) e oxigênio (O), a planta necessita de uma série de outros nutrientes, tais como: macronutrientes (nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, entre outros) e micronutrientes (boro, cloro, ferro, cobre, entre outros), de forma que a falta de macro ou micronutrientes no solo reduz a produtividade da cultura (Orlando Filho et al., 1994).

Mozambani et al. (2006) relatam que para o controle de plantas daninhas, a cultura da cana apresenta uma grande resistência às adversidades, ressentindo-se com a concorrência entre elas, principalmente em sua época de formação, apresentando-se assim, maior importância na conservação do canavial isento da competição entre a cultura e as plantas daninhas. O prejuízo causado pela presença das plantas daninhas não se restringe apenas no fato de concorrerem com a cultura no aproveitamento da água e dos nutrientes disponíveis no solo, mas também contribui para uma maior propagação de doenças e pragas.

De acordo com Souza et al. (2005) o manejo da cultura de cana-de-açúcar vem sendo bastante transformado nos últimos anos, especialmente no Estado de São Paulo, motivado pela legislação ambiental em que se prevê a redução progressiva da queima dos canaviais até sua completa extinção em 2031, conforme Lei Estadual 11241/02, regulamentada pelo Decreto Estadual 47.700/03. Esse processo teve início em meados dos anos 90, quando quase 100% dos canaviais eram colhidos manualmente, após a queima da palha.

Nessa nova prática de colheita da cana sem queima – cana crua – o palhiço é deixado à superfície do solo, como folhas inteiras, na colheita manual ou triturada, no caso da colheita realizada mecanicamente. Com a manutenção de camada de material vegetal no sistema podem ser obtidas muitas vantagens para o solo, como minimização do problema da poluição atmosférica e, provavelmente, redução do uso de insumos agrícolas. Porém, com esse volume de palha pode ser dificultada a emergência da cana-soca, com falhas na rebrota, como também aumento da incidência de pragas na cultura. Outro aspecto a considerar é a necessidade de substituição de variedades por outras mais produtivas, mais bem adaptadas às condições de manejo, que precisam ser estudadas nesta nova condição.

Campos et al. (2008) relatam que o manejo adequado implica em conhecer os padrões de crescimento de cada variedade, fazendo com que as fases de máximo desenvolvimento coincidam com os períodos de maior disponibilidade hídrica e radiação solar, permitindo que a cultura expresse todo seu potencial genético.

2.4.4 Planejamento da qualidade para o processo de colheita mecanizada

Segundo Ripoli (2004) o processo de colheita mecanizada da cana-de-açúcar representa em média 30% a 35% do custo total de produção da cultura. Sendo assim, é importante a realização do planejamento correto deste processo, identificando e quantificando as variáveis que exercem influência sobre ele.

Existem 3 subsistemas diferentes para a colheita de cana no Brasil sendo estes: colheita manual, colheita semimecanizado e colheita mecanizada. A colheita manual utiliza o emprego da mão-de-obra diretamente para o corte e o carregamento da matéria-prima, o sistema semimecanizado tem o corte manual e o carregamento mecanizado e o sistema mecanizado tem o corte e o carregamento mecanizado, de modo que as colhedoras automotrizes realizam o corte, o fracionamento, a limpeza parcial e o carregamento dos colmos diretamente em unidades de transporte (Ripoli, 1996).

Segundo Magalhães e Braunbeck (1998) e Pelóia et al. (2010), relatam que a colheita mecanizada de cana-de-açúcar é uma tendência irreversível e junto a ela vem a preocupação com a qualidade da matéria-prima que chega à indústria. O tamanho dos rebolos tem influência nessa qualidade por afetar o processo de deterioração da cana, perdas invisíveis e a densidade de carga no transbordo e no transporte. Neves et al. (2004) realizaram ensaios com monitor de perdas durante a colheita, e constataram que as perdas visíveis no campo foram da ordem de 10%.

Outro aspecto importante abordado por Magalhães et al. (2004) e Severino et al. (2010), é referente à época de realização da colheita mecanizada. Quando o solo se encontra com conteúdos inadequados de água, ocorre à compactação do solo, reduzindo assim a produtividade nos ciclos posteriores da cultura. Para Michelazzo e Braunbeck (2008), com a modernização da agricultura, o peso das máquinas e dos equipamentos e a intensidade de uso do solo tem aumentado

drasticamente, fazendo com que a largura dos pneus não tenham conseguido reduções significativas da pressão deles sobre o solo.

Pelóia et al. (2010) identificaram a qualidade exigida para uma boa colheita mecanizada, dividindo o processo em seis principais grupos: colheita em área preparadas, bom planejamento da colheita, alta eficiência do sistema mecanizado, boa logística no transporte, boa qualificação na operação de colheita e baixo custo. Foram identificados 39 indicadores da qualidade para a realização de uma boa colheita mecanizada.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido com base no sistema de produção de uma destilaria, localizada no município de Platina no Estado de São Paulo. A destilaria moeu 280 mil toneladas de cana no período de 2010/11, em uma área plantada de 3.370 hectares. Para colaborar com o desenvolvimento do projeto foi formada uma equipe técnica, equipe esta constituída por três pessoas, responsáveis respectivamente pela gerência agrícola, programação de colheita e controle agrícola, englobando assim as diferentes etapas do processo de produção.

Para atender ao objetivo de planejar a qualidade para o processo de produção da cana-de-açúcar, utilizou-se a metodologia do desdobramento da função da qualidade (Quality Function Deployment – QFD) adaptada de acordo com a proposta de Cheng e Melo Filho (2007) e Govers (1996). Para o desenvolvimento do projeto, o trabalho foi dividido em etapas, de acordo com a Figura 1.

A Figura 1 representa a estrutura básica da “casa da qualidade” e o método foi desenvolvida nas seguintes etapas: qualidade exigida (1)*; característica da qualidade (2); grau de importância (3); qualidade planejada (4); matriz de relação (5); qualidade projetada (6); matriz de correlação (7).

* Os números entre parênteses referem-se aos itens contidos na Figura 1 e serão utilizados na descrição das etapas referentes à metodologia.

Figura 1 - Matriz da qualidade dividida em etapas, demonstrando sua sequência de realização

A qualidade exigida (1) “O Quê’s” refere-se a obter as necessidades e desejos dos clientes, normalmente expressos de maneira subjetiva. Com base na qualidade exigida, voz do cliente, realiza-se a extração que é o processo de obter as características técnicas (2) “Como’s” para atender às necessidades dos clientes. Essas características são definidas em termos quantitativos. O grau de importância (3) refere-se, como o próprio nome diz, à importância que o cliente atribui a cada item da qualidade exigida. A qualidade planejada (4) é constituída pelos itens: avaliação comparativa, que é a comparação com produtos dos concorrentes; plano de melhoria, meta/objetivo a ser alcançado; índice de melhoria, que expressa quanto o produto precisa melhorar; argumento técnico, coeficiente que ressalta a importância dos itens da qualidade e os pesos absoluto e relativo, resultado final da qualidade planejada. A matriz de relação (5) identifica a intensidade com que cada item da qualidade exigida se relaciona com as características da qualidade. A qualidade projetada (6) consiste na identificação e quantificação dos indicadores críticos, de modo a atender satisfatoriamente as necessidades do cliente. A matriz de correlação (7), também denominada “telhado”, evidencia a interdependência

entre as características técnicas. Essa etapa auxilia nas decisões relativas à definição das metas de desempenho, por meio de melhor entendimento sobre as interações entre as características da qualidade do produto.

3.1 Etapa 1 - Obtenção da qualidade exigida (“O Quê’s”)

Com o intuito de identificar a qualidade exigida para todo o processo de produção, considerou-se como cliente a cana-de-açúcar. Sendo assim a qualidade exigida (1), também denominada “O Quê’s”, é a descrição das qualidades que o processo de produção deve conter para atender a cultura da cana-de-açúcar. Estas informações foram agrupadas utilizando-se a técnica do “diagrama de árvore” e os grupos obtidos foram organizados sob a forma de “tabela de afinidades”, sendo esta dividida em três níveis, Figura 2.

Figura 2 - Diagrama de árvore e tabela de afinidades

A qualidade exigida foi obtida por meio de revisões bibliográficas, obtendo-se as informações para todo o processo de produção da cultura: planejamento agrícola; preparo de solo; tratamentos culturais; colheita. Após a realização do diagrama foi elaborada a tabela de afinidades para a cultura. A tabela de afinidade define a qualidade exigida.

3.2 Etapa 2 - Característica da qualidade (“Como’s”)

A segunda etapa consiste na obtenção dos itens da característica da qualidade. A característica da qualidade, também denominada “Como’s”, é a extração da qualidade exigida, sendo essas variáveis mensuráveis. As características da qualidade foram obtidas por meio de levantamento e análise da

bibliografia, de modo a identificá-las. Após a identificação das características efetuou-se o mesmo processo relatado para a definição da qualidade exigida (diagrama de árvore e tabela de afinidades).

3.3 Etapa 3 – Grau de importância

De acordo com o método QFD, o grau de importância é a etapa que consiste na percepção do cliente em relação às qualidades exigidas, atribuindo-se assim um peso para cada item da qualidade exigida. Como neste projeto o cliente foi definido como a cultura da cana-de-açúcar, utilizou-se a percepção que a equipe técnica possui do grau de importância para o processo de produção, de acordo com a escala apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 – Pesos e relações do grau de importância para os itens da qualidade exigida

Peso	Grau de Importância
1	Nenhuma importância
2	Pouca importância
3	Alguma importância
4	Importante
5	Muito importante

O valor final foi considerado como sendo o valor mais votado entre os três membros, e esse critério de atribuição será utilizado nas demais etapas do trabalho.

3.4 Etapa 4 - Qualidade planejada

A qualidade planejada tem como objetivo identificar os itens da qualidade exigida prioritários para o processo de produção. A qualidade planejada compreende a avaliação comparativa, o plano de melhoria, o índice de melhoria, o argumento técnico e os pesos absoluto e relativo.

3.4.1 Avaliação comparativa

A avaliação comparativa é efetuada para comparar o desempenho do processo de execução pela empresa, em relação aos concorrentes para cada item da qualidade exigida. No presente caso, a equipe definiu como concorrente, “referencia”, um fornecedor de cana-de-açúcar. Os valores utilizados são apresentados na Tabela 2. Para a decisão do valor a ser empregado utilizou-se o critério apresentado no item 3.3.

Tabela 2 – Pesos e relações do grau de satisfação para os itens da qualidade exigida

Peso	Grau de satisfação
1	Péssimo
2	Ruim
3	Regular
4	Bom
5	Ótimo

3.4.2 Plano de melhoria

O plano de melhoria consiste na avaliação dos processos realizados pela empresa atualmente, de modo a definir a meta a ser alcançada. Para a realização do plano, a equipe deve estar ciente da capacidade de execução dos processos e dos objetivos da empresa. Os valores utilizados são os mesmos da avaliação comparativa, no item 3.3.

3.4.3 Índice de melhoria

O índice de melhoria reflete quantas vezes o item da qualidade exigida deve melhorar o seu desempenho em relação à avaliação atual. O índice de melhoria é a razão entre o plano de melhoria e a avaliação comparativa da empresa, como mostra a eq. (1).

$$IM_i = PM_i \times (AC_i)^{-1} \quad (1)$$

Em que,

IM_i = Índice de melhoria;

PM_i = Plano de melhoria;

AC_i = Avaliação comparativa;

i = (i) itens da qualidade exigida.

3.4.4 Argumento técnico

O argumento técnico consiste na aplicação de um coeficiente para ressaltar a importância dos itens da qualidade de acordo com a percepção da equipe. Os valores utilizados para o argumento técnico encontram-se na Tabela 3. Para a decisão sobre o valor a ser empregado, utilizou-se o critério no item 3.3.

Tabela 3 – Pesos e relações do argumento técnico para os itens da qualidade exigida

Peso	Argumento Técnico
1,0	Neutro
1,2	Comum
1,5	Especial

3.4.5 Peso absoluto e relativo

Após o cálculo do índice de melhoria, os pesos absolutos e relativos foram calculados, eq. (2) e (3) respectivamente, os quais representam o resultado final da qualidade planejada. Os maiores valores obtidos representam os itens da qualidade exigida, prioritários do processo de produção da cultura.

$$PA_i = GI_i \times IM_i \times AT_i \quad (2)$$

Em que,

PA_i = Peso absoluto dos itens da qualidade exigida;

GI_i = Grau de importância;

IM_i = Índice de melhoria;

AT_i = Argumento técnico.

$$PR_i = (PA_i \div \sum_{i=1}^n (PA_i)) \times 100 \quad (3)$$

Em que,

PR_i = Peso relativo dos itens da qualidade exigida.

3.5 Etapa 5 – Matriz de relação

Na matriz de relação são identificadas as correlações entre os itens da qualidade exigida com os itens da característica da qualidade. Por meio desta correlação verifica-se com quais características da qualidade “Como’s” as qualidades exigidas “O Quê’s” estão relacionadas e com qual intensidade.

As relações foram classificadas em 4 diferentes intensidades, de acordo com a Tabela 4: forte; média; fraca; inexistente. Quando não existir relação entre a

qualidade exigida e a característica da qualidade, inexistente, atribui-se o peso igual a zero.

Tabela 4 - Relações, pesos e símbolos para a realização da matriz de qualidade

Relações	Símbolos	Pesos
Forte		9
Média		3
Fraca		1
Inexistente		0

Fonte: Cheng e Melo Filho (2007)

3.6 Etapa 6 – Qualidade projetada

Para obter a qualidade projetada, primeiramente calculou-se o peso absoluto de cada indicador técnico por meio da soma dos valores de cada coluna referente aos indicadores, eq. (4). Posteriormente, obteve-se a somatória dos pesos absolutos e calculou-se o peso relativo em um processo semelhante ao da qualidade exigida eq. (5).

Assim,

$$PA_j = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n (R_{ji} \times PR_i) \quad (4)$$

Em que,

PA_j = Peso absoluto das características da qualidade;

R_{ij} = Peso da relação;

m = (m) itens da característica da qualidade;

n = (n) itens da qualidade exigida;

i = (i) linhas da qualidade exigida;

j = (j) colunas da característica da qualidade;

$$PR_j = \left(\frac{PA_i}{\sum_{j=1}^m PA_j} \right) \times 100 \quad (5)$$

Em que,

PR_j = Peso relativo das características da qualidade;

Após o cálculo dos pesos, absoluto e relativo, utilizou-se o diagrama de Pareto, considerando as prioridades das características da qualidade em ordem decrescente, de forma a identificar os indicadores críticos da qualidade projetada.

3.7 Etapa 7 – Matriz de correlação

A matriz de correlação é o telhado da matriz da qualidade. Esta matriz identifica a interdependência da característica da qualidade, ou seja, a intensidade com que as características da qualidade se correlacionam. Elas foram divididas em fortemente positiva; fortemente negativa; positiva; negativa, como se observa na Tabela 5.

Tabela 5 - Correlações características da qualidade

Correlações	Símbolos
Fortemente positiva	++
Positiva	+
Fortemente negativa	--
Negativa	-

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resultado esperado do projeto é obter a qualidade para o processo de produção da cultura de cana-de-açúcar, identificando assim seus indicadores críticos. A matriz da qualidade desenvolvida pode ser visualizada no Anexo I. Observa-se na matriz que para a qualidade exigida “O Que’s”, identificou-se cento e vinte e dois (122) itens. Com base nos itens “O Que’s”, no grau de importância, índice de melhoria e argumento técnico, os valores, pesos, para a qualidade planejada foram calculados e ordenados, permitindo assim identificar aqueles de maior importância para atender aos “O Que’s”. Dos 122 itens três deles (3) foram classificados em primeiro lugar, maior peso relativo, e, portanto, considerados como prioritários: época de aplicação de maturador; boa sanidade da muda; espaçamento adequado e uniforme.

No processo de extração 93 itens foram identificados, correspondentes às características técnicas “Como’s”. Esses “Como’s” devem atender aos 122 itens da qualidade exigida, resultando em 11.346 células dentro da matriz de correlação. Desse total, 1284 células foram preenchidas, 11%, e destas 1035 (80%) consideradas como tendo forte relação, peso 9, 201 (15%) média, 48 (3%) fraca e 10062 sem relação. Nenhuma linha ou coluna da matriz ficou em branco. Nesse caso, uma linha em branco significa que não existe nenhum “Como” para atender o “O Que’s” e uma coluna em branco significa que o “Como” não atende a nenhum “O Que’s”. Em ambos os casos a matriz deve ser revisada. Ao analisar essas relações nota-se que existem regiões da matriz em branco o que significa que não há nenhuma relação “O Que’s” versus “Como’s”. Uma parte dos macroprocessos, “bom planejamento” (dimensionamento de máquinas), “bom preparo de solo” (características físicas), “bons tratos culturais” (eficiência mecânica) e “boa colheita mecanizada”, não possui relação com os indicadores técnicos incidência de pragas e plantas daninhas. Uma parte dos macroprocessos, “bom preparo de solo” (características físicas, químicas e biológicas), “bom plantio” (plantio e qualidade pós-plantio) e “bons tratos culturais” (tratos cana planta e cana soca), não possui relação com os indicadores referentes à capacidade de campo operacional e transporte da matéria-prima.

Os itens da qualidade exigida “O Quê’s” que apresentaram um maior número de relações com os itens da característica da qualidade “Como’s” foram à boa brotação e perfilhamento e ter mudas de qualidade, com 40 e 28 relações respectivamente. Isso pode ser explicado devido a esses itens da exigida estarem correlacionados principalmente com os itens da característica técnica agrônômica. A característica técnica agrônômica esta relacionada com todo manejo para o processo de produção da cana-de-açúcar, englobando assim os indicadores referentes ao solo, disponibilidade de nutrientes e infestação de pragas e plantas daninhas.

Os itens da característica da qualidade “Como’s” que apresentaram um maior número de relações com os itens da qualidade exigida “O Que’s” foram à produtividade do canavial e o balanço hídrico, com 64 e 38 relações respectivamente. Esse fato pode ser explicado devido aos indicadores estarem diretamente relacionados com os macroprocessos: “bom planejamento”; “bom preparo de solo”; “bom plantio”; “bons tratos culturais”. Desses itens, três (3) deles foram considerados como prioritários para a qualidade projetada: produtividade do canavial; capacidade de campo operacional; balanço hídrico.

No caso da matriz da correlação, que mostra as relações positivas ou negativas entre os itens “Como’s”, 257 correlações foram encontradas de um total possível de 4371 células. Desse total, 56 (22%) consideradas como uma relação fortemente positiva, 61 (24%) fortemente negativa, 91 (35%) positiva e 49 (19%) negativa. Os indicadores produtividade do canavial e porcentagem de falhas apresentaram o maior número de correlações com 49 e 47 respectivamente. Uma correlação fortemente positiva ou positiva significa que ao alterar um item ele influenciará o outro de maneira a trazer benefícios e a fortemente negativa ou negativa que deve causar algum prejuízo no outro item. Neste caso uma modificação no item pode ser realizada com cuidado.

4.1 Qualidade exigida para o processo de produção (“O Quê’s”)

Na Figura 3 apresenta-se a tabela referente ao desdobramento da qualidade exigida para a cana-de-açúcar, a qual é composta por três níveis.

Figura 3 - Qualidade exigida da cultura de cana-de-açúcar ("O Quê's")

Na figura 3, o nível 1 refere-se aos macroprocessos, o 2 aos processos e o 3 aos itens da qualidade exigida. O nível 1 foi dividido em cinco macroprocessos, os quais seguem a sistemática de planejamento e a execução dos processos agrícola para a produção da cana. O segundo nível é a segmentação individualizada, denominados processos. Para realizar o desdobramento buscou-se responder a pergunta básica “Como?”. Assim, para cada etapa do primeiro nível é desdobrada da seguinte forma: “Como efetuar um bom planejamento?”. Para efetuar um bom planejamento é necessário ter: “Bom cronograma”; “Bom mapeamento e divisão das áreas”; “Boa vocação técnica”; “Bom dimensionamento”. O terceiro nível é o desdobramento de cada processo identificado, seguindo a mesma sistemática do segundo nível. Desta forma, para cada processo do segundo nível pode ser interpretado da seguinte forma: “Como efetuar um bom cronograma?”. Para efetuar um bom cronograma é necessário ter: “época de preparo de solo adequada”; “época de plantio adequada”; “época de tratos culturais cana planta adequada”; “época de tratos culturais soqueira adequada”; “época adequada de aplicação de maturador”; “época de colheita”. Com o intuito de verificar se o desdobramento está consistente, caminha-se do terceiro nível para o primeiro nível, fazendo a pergunta do tipo “Por quê?”.

O desdobramento em 3 níveis possibilitou converter as exigências de forma subjetiva no primeiro nível em itens objetivos no terceiro nível, que expressam a qualidade exigida para o processo de produção da cana-de-açúcar. Um total de 122 itens da qualidade exigida foi obtido. Na Tabela 6 observa-se o desdobramento da qualidade exigida nos 3 níveis. A validação desses itens foi realizada submetendo-os à análise por dois pesquisadores da área.

Tabela 6 – Desdobramento da qualidade exigida nos 3 níveis

Macroprocesso Nível 1	Processo Nível 2		Itens da qualidade exigida Nível 3	
	Quantidade (unid.)	Porcentagem (%)	Quantidade (unid.)	Porcentagem (%)
1.Bom planejamento	4	18	18	15
2.Bom preparo de solo	4	18	22	18
3.Bom plantio	5	23	20	16
4.Bons tratos culturais	3	14	19	16
5.Boa colheita mecanizada	6	27	43	35
Total	22	100	122	100

Na Tabela 6, observa-se que o macroprocesso “boa colheita mecanizada” apresenta um maior número de processos e itens da qualidade exigida com 21 itens a mais que o segundo colocado, “bom preparo de solo”. Uma das razões para isso pode ser explicada devida a complexidade, o número de variáveis existentes e a frequência com que esses processos são executados.

4.1.1 Qualidade exigida para um “bom planejamento”

A identificação da qualidade exigida para um “bom planejamento” foi baseada no trabalho desenvolvido por Brugnaro e Sbragia (1986) sendo segmentada em quatro processos: “bom cronograma”; “bom mapeamento e divisão das áreas”; “boa vocação técnica”; “bom dimensionamento”. Para a realização de um “bom planejamento” foram identificados 18 itens da qualidade exigida.

O processo “bom cronograma” foi desdobrado basicamente em relação à época de realização dos macroprocessos de produção a serem executados. O “bom mapeamento e divisão das áreas” refere-se à identificação da localização e tamanho das áreas, e ao formato do talhão; a “boa vocação técnica” é o processo que define a variedade da cultura a ser utilizada no ambiente de produção e a forma de execução dos macroprocessos a serem realizados; o “bom dimensionamento” refere-se ao dimensionamento dos equipamentos e a mão de obra a serem utilizados.

4.1.2 Qualidade exigida para um “bom preparo de solo”

A identificação da qualidade exigida para um “bom preparo de solo” foi baseada no trabalho desenvolvido por Milan et al. (2003), sendo dividida em quatro processos: “boas características físicas”; “boas características químicas”; “boas características biológicas”; “boa eficiência mecânica”. Para a realização de um “bom preparo de solo” foram identificados 22 itens da qualidade exigida.

O processo “boas características físicas” define as propriedades físicas do solo. A importância prática para entender o comportamento físico do solo está associada ao seu uso e manejo apropriado, orientando de forma adequada as práticas de irrigação, drenagem, preparo, conservação do solo e água. As “boas características químicas” estão relacionadas à fertilidade, necessidade e disponibilidade de nutrientes, e a acidez do solo. As “boas características biológicas” referem-se às atividades biológicas e microbianas existentes no solo, infestações de plantas daninhas e incidência de pragas.

A importância prática de se entender as características biológicas está associada aos micro-organismos que realizam diversas funções essenciais no solo, tais como: decomposição da matéria orgânica; degradação de substâncias; liberação de nutrientes em formas disponíveis às plantas; controle de plantas daninhas; incidência de pragas. A “boa eficiência mecânica” é o processo que evidencia o modo como são executadas as operações mecanizadas nos processos “boas características físicas”; “boas características químicas”; “boas características biológicas”.

4.1.3 Qualidade exigida para um “bom plantio”

Barros e Milan (2010) identificaram a qualidade exigida para um “bom plantio” dividindo-a em cinco processos: “viveiro de mudas de qualidade”; “boa colheita de mudas”; “bom transporte de mudas”; “bom plantio”; “qualidade pós-plantio”. Para a realização de um “bom plantio” foram identificados 20 itens da qualidade.

O processo “viveiro de mudas de qualidade” foi desdobrado basicamente em relação à qualidade das mudas, adequação do viveiro à colheita mecanizada e a logística de transporte das mudas, do viveiro à área de plantio. O desdobramento

para a “boa colheita de mudas” restringiu-se as operações realizadas pela colhedora, como a qualidade do corte e do processamento das mudas, seu desempenho e custo operacional. O processo “bom transporte de mudas” abordou a confiabilidade, a eficiência, a perda de matéria-prima e o custo de transporte. O desdobramento para um “bom plantio” envolveu, especificamente, as características das operações básicas do plantio para a cana-de-açúcar como a sulcação, a distribuição de mudas, os insumos e cobertura dos sulcos, além do desempenho e custo do plantio. Para o processo “qualidade pós-plantio” considerou-se as características desejadas após a realização do plantio, em relação à conservação do solo e desenvolvimento inicial da cultura.

4.1.4 Qualidade exigida para “bons tratos culturais”

A identificação da qualidade exigida para “bons tratos culturais” foram realizadas de acordo com os trabalhos de Orlando Filho et al., 1994; Souza et al., 2005; Mozambani et al., 2006; Campos et al., 2008, dividindo-a em três processos: “bons tratos cana-planta”; “bons tratos cana-soca”; “boa eficiência mecânica”. Para a realização de “bons tratos culturais” foram identificados 19 itens da qualidade.

O processo “bons tratos cana-planta” foi desdobrado basicamente em relação ao manejo efetuado na cana-planta: época de colheita; controle biológico, plantas daninhas e pragas; aplicação de herbicidas, nutrientes, resíduos e matéria orgânica; disponibilidade de água. O processo “bons tratos cana-soca” foi desdobrado basicamente em relação ao manejo efetuado na cana-soca: controle biológico; plantas daninhas e pragas; aplicação de herbicidas, nutrientes, resíduos e matéria orgânica; disponibilidade de água; época de colheita. O processo “boa eficiência mecânica” restringiu-se ao modo como são executadas as operações nos processos bons tratos culturais, cana-planta e cana-soca.

4.1.5 Qualidade exigida “boa colheita mecanizada”

Coelho (2009) identificou a qualidade exigida para uma “boa colheita mecanizada”, dividindo o macroprocesso em seis processos, sendo estes: “colheita em áreas preparadas”; “bom planejamento da colheita”; “alta eficiência do sistema mecanizado”; “boa logística no transporte”; “boa qualidade na operação de colheita”; “baixo custo”. Para a realização de uma “boa colheita mecanizada”, foram identificados 43 itens da qualidade.

O processo “colheita em áreas preparadas” foi desdobrado em relação às condições em que as áreas se encontram no momento em que será efetuada a colheita. O “bom planejamento da colheita” restringiu-se basicamente na definição do modo e da ordem em que as áreas serão colhidas. O desdobramento do processo “alta eficiência do sistema mecanizado” refere-se à operação mecanizada realizada durante a colheita. O processo “boa logística de transporte” restringiu-se ao desdobramento do dimensionamento e controle referente ao transporte da matéria-prima à unidade industrial. O desdobramento para o processo “boa qualidade na operação de colheita” restringiu-se na avaliação das operações realizadas na colheita e o processo “baixo custo” refere-se ao desdobramento referente aos custos incidentes na operação.

4.2 Características da qualidade para o processo de produção (“Como’s”)

Após a identificação da qualidade exigida para cada macroprocesso, procedeu-se à extração das características da qualidade (“Como’s”), sendo essas variáveis mensuráveis. As características da qualidade para os macroprocessos: “bom planejamento”; “bom preparo de solo”; “bons tratos culturais” foram obtidos por meio de revisões bibliográficas, e as características da qualidade para os macroprocessos plantio e colheita mecanizada foram identificados por Barros e Milan (2010) e Coelho (2009) respectivamente.

Na figura 4 apresenta-se a tabela do desdobramento das características da qualidade, a qual é composta por dois níveis. No primeiro nível, as características da qualidade para o processo de produção foram divididas em três principais características técnicas: agronômicas, operações mecanizadas e geográficas. O segundo nível é a identificação dos indicadores técnicos para cada característica técnica.

* Os números entre parênteses representam o total dos indicadores técnicos para cada característica técnica .

Figura 4 - Características da qualidade para a cana-de-açúcar (“Como’s”)

As características técnicas agronômicas estão relacionadas com o manejo da cultura para o processo de produção. As características foram definidas com base na revisão bibliográfica sendo utilizados os trabalhos de: Larson e Pierce (1991); Orlando Filho et al. (1994); Milan et al. (2003); Pauli e Coelho (2009); Barros e Milan (2010). As características técnicas de operações mecanizadas estão relacionadas com as atividades mecânicas realizadas em todo processo de produção, sendo definidas com base no trabalho de Coelho (2009). As características técnicas geográficas estão relacionadas com os locais do processo de produção. Um total de 93 indicadores técnicos (nível 2) foram encontrados. A

distribuição desses indicadores para cada característica técnica é apresentada na Tabela 7. A validação das características da qualidade foi realizada por meio da análise de dois pesquisadores da área.

Tabela 7 – Desdobramento das características da qualidade exigida nos 2 níveis

Características técnicas Nível 1	Indicadores técnicos Nível 2	
	Quantidade (unid.)	Porcentagem (%)
1.Agrônomicas	46	49
2.Operações mecanizadas	29	31
3.Geográficas	18	19
Total	93	100

Na tabela 7, pode-se observar que as características técnicas que apresentam um maior número de indicadores técnicos são referentes à categoria agrônômica. Tal fato pode ser explicado devido à complexidade e ao número de variáveis existentes no processo de produção da cultura.

4.3 Grau de Importância

De acordo com a percepção da equipe técnica, equipe esta formada por três pessoas, responsáveis respectivamente pela gerência agrícola, programação de colheita e controle agrícola, dos 122 itens da qualidade identificados, 73 itens (60%) apresentaram grau “muito importante”, 27 itens (22%) apresentaram grau “importante”. Essas duas classificações representam 82% do total, como se observa na Tabela 8.

Tabela 8 – Notas do grau de importância

Notas	Grau de importância	Itens da qualidade exigida	
		Quantidade (unid.)	Porcentagem (%)
1	nenhuma importância	0	0
2	pouca importância	1	1
3	alguma importância	21	17
4	Importante	27	22
5	muito importante	73	60
	Total	122	100

4.4 Qualidade Planejada

A qualidade planejada compreende a avaliação comparativa, que é a percepção que a equipe possui de todo o processo de produção, o plano de melhoria, que é a meta/objetivo da destilaria para as qualidades exigidas, o índice de melhoria que expressa quantas vezes cada qualidade exigida precisa melhorar o seu desempenho em relação à avaliação atual e o argumento técnico que é um coeficiente aplicado para ressaltar um ou mais itens da qualidade exigida. A partir da avaliação comparativa, plano de melhoria, índice de melhoria e argumento técnico calculou-se para cada item da qualidade exigida os pesos, absoluto e relativo.

4.4.1 Avaliação Comparativa

Com o intuito de efetuar a avaliação comparativa do processo de produção da cana-de-açúcar entre a destilaria e o fornecedor definiu-se trabalhar com o mesmo ambiente de produção de forma a obter: execução dos processos de produção (tipo de cultivo) semelhantes; características do solo (aspectos físicos, químicos e biológicos); condições climatológicas; mesma variedade utilizada. A avaliação efetuada pela equipe da destilaria frente ao fornecedor evidenciou que dos 122 itens avaliados, o fornecedor obteve maior nota em 48 deles (39%), 38 itens com notas iguais (31%) e 36 itens com notas menores que a destilaria, como se observa na Tabela 9. Esses resultados evidenciam um potencial para melhorias no processo de produção da destilaria.

Tabela 9 – Avaliação comparativa dos itens da qualidade exigida entre o fornecedor e a destilaria

Avaliação comparativa	Itens da qualidade exigida	
	Quantidade (unid.)	Porcentagem (%)
fornecedor > destilaria	48	39
fornecedor = destilaria	38	31
fornecedor < destilaria	36	30
Total	122	100

De acordo com a avaliação da equipe, os macroprocessos que apresentaram uma avaliação inferior frente ao fornecedor foram “bom planejamento”

e “boa colheita mecanizada”. Dos 18 itens identificados para um “bom planejamento”, o fornecedor obteve maior nota em 8 deles (44%), enquanto que para a “boa colheita mecanizada”, dos 43 itens identificados, o fornecedor obteve maior nota em 20 deles (47%). Referente ao “bom planejamento”, o fato do fornecedor apresentar maior nota em 44% dos itens, atribui-se à destilaria possuir apenas uma pessoa responsável pela área de planejamento, sendo esse realizado no início da safra, não atualizado-o no decorrer do processo de produção. Ao contrário, o fornecedor, possui duas pessoas responsáveis para a realização do planejamento, atualizando-o semanalmente.

Para o macroprocesso “boa colheita mecanizada”, os itens que apresentaram melhor avaliação frente a destilaria foram: baixa declividade; poucas curvas de níveis; não ter “ruas mortas”; espaçamento adequado e uniforme; colher em blocos grandes e contínuos; manutenção preventiva.

4.4.2 Plano de Melhoria

A partir do conhecimento da equipe sobre a capacidade de execução do processo de produção da cana-de-açúcar, dos objetivos da empresa e com base nos resultados da avaliação comparativa, a equipe desenvolveu um plano de melhoria. Dos 122 itens da qualidade, 66 deles (54%) apresentaram nota máxima do plano, ou seja, nota 5; 49 itens (40%) receberam nota 4; 7 itens (6%) receberam nota 3, e nenhum item recebeu notas 2 e 1 como observa-se na Tabela 10.

Tabela 10 – Notas atribuídas pela equipe para o plano de melhoria

Plano de melhoria Notas	Itens da qualidade exigida	
	Quantidade (unid.)	Porcentagem (%)
5	66	54
4	49	40
3	7	6
2	0	0
1	0	0
Total	122	100

Nota-se na Tabela 10 que 94% do plano de melhoria para a qualidade exigida obtiveram notas entre 4 e 5. Como o método QFD foi aplicado pela primeira vez na destilaria, observou-se que a equipe estava otimista na busca para a melhoria do processo de produção. Deve-se ressaltar que ao realizar um plano de

melhoria com notas elevadas, aumenta-se a dificuldade para atingir o objetivo proposto, e dependendo do plano, o objetivo pode não ser atingido em virtude da quantidade de macroprocessos existentes e suas interdependências.

4.4.3 Índice de Melhoria

O índice de melhoria, calculado como a razão do plano de melhoria e a avaliação comparativa da empresa, expressa quantas vezes o índice obtido na avaliação precisa ser melhorado. Quanto maior for o valor do índice de melhoria, maior será a discrepância entre a avaliação comparativa e o plano de melhoria, desta forma, a melhoria a ser realizada exigirá um maior esforço. Dos 122 itens da qualidade, 4 (3%) apresentam índice de melhoria maior que 2: “época adequada de aplicação de maturador”; “boa sanidade da muda”; “espaçamento adequado e uniforme”; e “aplicação de maturador”.

4.4.4 Argumento Técnico

O argumento técnico é o coeficiente aplicado aos itens que a equipe considera importante para o sucesso do processo de produção. Dos 122 itens, 32 deles (26%) foram considerados pela equipe como especiais para o processo de produção, 35 itens (29%) comuns e 55 (45%) foram considerados neutros, conforme Tabela 11.

Tabela 11 – Pesos atribuídos pela equipe para o argumento técnico

Argumento técnico Pesos	Itens da qualidade exigida	
	Quantidade (unid.)	Porcentagem (%)
1.5	32	26
1.2	35	29
1.0	55	45
Total	122	100

4.4.5 Peso absoluto e relativo da qualidade planejada

Com base no grau de importância, no índice de melhoria e no argumento técnico, calculou-se os pesos, absoluto e relativo, etapa 3. Esses valores definem a importância dos itens da qualidade planejada. A qualidade planejada, por sua vez expressa os itens da qualidade exigida prioritários para o processo de produção da cana-de-açúcar. Na Figura 5 apresenta-se os pesos relativos classificados em ordem decrescente.

Figura 5 - Pesos relativos classificados em ordem decrescente da qualidade planejada

Ao verificar a Figura 5 observa-se os itens prioritários da qualidade exigida para o processo de produção da cultura de cana-de-açúcar. Dos 122 itens identificados por meio de revisão bibliográfica, 44 desses correspondem a 80% da qualidade exigida de todo o processo de produção.

Como os macroprocessos são executados por pessoas ou responsáveis e em épocas distintas pela destilaria, procedeu-se uma análise da qualidade exigida de forma separada, de modo que cada responsável identifique com maior facilidade quais são as qualidades exigidas prioritárias de cada processo.

4.4.5.1 Qualidade exigida para um “bom planejamento”

Na Figura 6, observa-se os itens prioritários correspondentes à qualidade exigida para um “bom planejamento”.

Figura 6 - Itens prioritários correspondentes à qualidade exigida para o macroprocesso “bom planejamento”

Ao observar a Figura 6, nota-se que os 4 itens prioritários da qualidade exigida para um “bom planejamento” de acordo com a destilaria são: “época de aplicação de maturador”; “época de preparo de solo adequada”; “formato do talhão”; “época de plantio adequada”. Os 4 itens correspondem a 30% de todo o macroprocesso. O que contribuiu para a identificação desses itens foi o fato de os mesmos apresentarem avaliações de execução, pela equipe da destilaria, péssima e regular. O que também contribuiu para tal efeito foi o argumento técnico; que a equipe forneceu a nota máxima para as qualidades exigidas: “época adequada de aplicação de maturador”; “época adequada de preparo de solo”; “época adequada

para o plantio”. Já a qualidade exigida “formato do talhão”, apresentou o argumento técnico médio, mas seu plano de melhoria recebeu a avaliação ótima. Outro aspecto que se nota no gráfico é que os 14 itens prioritários da qualidade exigida para um “bom planejamento” representam 80% de toda a qualidade exigida.

4.4.5.2 Qualidade exigida para um “bom preparo de solo”.

Na Figura 7 observam-se os itens prioritários correspondentes à qualidade exigida para um “bom preparo de solo”.

Figura 7 - Itens prioritários correspondentes à qualidade exigida para o macroprocesso “bom preparo de solo”

Na Figura 7 nota-se que os 4 itens prioritários da qualidade para um “bom preparo de solo” são: “não possuir resíduos vegetais que limitem a mecanização”; “ser livre de infestação de plantas daninhas”; “baixa incidência de pragas”; “não possuir limitações físicas (obstáculos)”. os quais correspondem a 30% de todo o macroprocesso. A identificação desses itens, que correspondem a 30% de todo o macroprocesso, pode ser explicada devido ao plano de melhoria e ao argumento técnico os quais, para todas as qualidades exigidas, receberem pontuação máxima, exceto o argumento técnico “não possuir limitações físicas (obstáculos)” que obteve pontuação média (1,2). Pode-se observar também que nesse processo os 17 itens prioritários correspondem a 80% de toda a qualidade exigida.

4.4.5.3 Qualidade exigida para um bom plantio

Na Figura 8 observam-se os itens prioritários correspondentes à qualidade exigida para um “bom plantio”.

Figura 8 - Itens prioritários correspondentes à qualidade exigida para o macroprocesso “bom plantio”

Na Figura 8, nota-se que os quatro (4) itens prioritários da qualidade exigida para um “bom plantio” de acordo com a destilaria são: “boa sanidade da muda”; “baixo custo no transporte de muda”; “ter mudas de qualidade”; “ser adequada à colheita mecanizada”. Os 4 itens correspondem a 30% de todo o macroprocesso. A identificação desses itens pode ser explicada devido ao fato das qualidades exigidas, apresentarem avaliações de execução pela equipe da destilaria entre péssimo e regular, e apresentarem o argumento técnico máximo (1,5), exceto para a qualidade exigida no “baixo custo no transporte de mudas” (1,2). Nota-se também que os 15 itens prioritários da qualidade exigida correspondem a 80% de toda a qualidade exigida.

4.4.5.4 Qualidade exigida para “bons tratos culturais”

Na Figura 9, notam-se os itens prioritários correspondentes à qualidade exigida para “bons tratos culturais”.

Figura 9 - Itens prioritários correspondentes à qualidade exigida para o macroprocesso “bons tratos culturais”

Na Figura 9 nota-se os 4 itens prioritários da qualidade exigida para “bons tratos culturais” são: “boa aplicação de herbicida soqueira”; “baixa disponibilidade de água na soqueira e na cana planta”; “boa aplicação de herbicida cana planta”. A identificação desses itens que, correspondem a 30% de todo o macroprocesso, pode ser explicada devido ao fato das qualidades exigidas, apresentarem pontuações máximas para o argumento técnico (1,5) e ao plano de melhoria (5). Observa-se também que os 12 itens prioritários da qualidade exigida correspondem a 80% de toda a qualidade exigida.

4.4.5.5 Qualidade exigida para uma “boa colheita mecanizada”

Na Figura 10 notam-se os itens prioritários correspondentes à qualidade exigida para uma “boa colheita mecanizada”.

Figura 10 - Itens prioritários correspondentes à qualidade exigida para o macroprocesso “boa colheita mecanizada”

Na Figura 10, nota-se os 4 itens prioritários da qualidade exigida para uma “boa colheita mecanizada” são: “espaçamento adequado e uniforme”; “aplicação de maturador”; “minimizar números de manobras”; “não ter torrões na linha da cultura”. Os 4 itens correspondem 30% de todo o macroprocesso. O que contribuiu para a

identificação desses itens foi o fato das qualidades exigidas apresentarem avaliação de execução, pela equipe da destilaria, entre péssimo e ruim. O que também contribuiu para tal efeito foram as pontuações máximas, para o argumento técnico (1,5), exceto para a qualidade exigida “baixo consumo de combustível” (1,2). Nota-se também que dos 43 itens da qualidade identificada, 32 correspondem a 80% de toda a qualidade exigida.

4.5 Matriz de relação

Posteriormente a identificação dos itens prioritários para a qualidade exigida, efetuou-se a relação entre os itens da qualidade exigida e a característica da qualidade, classificando-as em 4 diferentes intensidades: forte (9); médio (3); fraco (1) e inexistente. Foram identificadas 11.346 células dentro da matriz de relação. Desse total 1.284 células foram preenchidas, 11%, e destas 1035 (80%) consideradas como tendo forte relação, 201 (15%) médio, 48 (3%) fraco. Nenhuma linha ou coluna da matriz ficou em branco. Na Figura 11 apresenta-se uma visão parcial da matriz de relação e no anexo I a matriz pode ser visualizada na totalidade.

Figura 11 - Visão parcial da matriz da qualidade com as respectivas relações entre a qualidade exigida “O Que’s” e a característica da qualidade “Como’s”

Para o macroprocesso “bom planejamento”, os itens da qualidade exigida “época de preparo de solo” e “época de plantio” apresentaram relação forte (9) com o item da característica da qualidade “diâmetro dos torrões”. A forte relação entre o “bom planejamento” e a “época de preparo de solo” pode ser explicada, devido ao preparo de solo ter como objetivo a não formação dos torrões, de forma a atender o próximo macroprocesso (plantio). Quanto ao plantio, a relação forte pode ser atribuída ao fato de que a formação dos torrões dificulta a germinação das mudas.

A qualidade exigida “época de preparo de solo” apresentou relação fraca (1) com a característica da qualidade “resistência do solo” e média (3) com a característica “capacidade de água disponível (CAD)”. A relação fraca (1) entre a “época de preparo de solo” com a “resistência do solo” pode ser explicada devido à resistência ser uma característica natural do solo, de modo que um solo argiloso possui uma maior resistência quando comparado a um solo arenoso, a qual não é alterada na realização do preparo do solo. A relação entre a “época de preparo de solo” com a “capacidade de água disponível (CAD)” foi considerada como média (3), devido ao constante tráfego de máquinas agrícolas durante o processo de produção, que contribuem para a compactação do solo, especialmente em épocas chuvosas, diminuindo assim a porosidade, tendo por consequência uma menor capacidade de água disponível.

Para o macroprocesso “boa colheita mecanizada”, de acordo com a avaliação da equipe, o item “operadores bem treinados” apresentou relação forte (9) com os itens da característica da qualidade: “capacidade de campo operacional”; “baixo custo operacional”; “tempo da colhedora efetivamente em operação”; “tempo de manobra”; “tempo perdido com falta de transbordo”; “tempo perdido com máquina para abastecimento”. Atribui-se essa forte relação devida à qualidade exigida para “operadores bem treinados” impactar no desempenho dos indicadores, os quais são fundamentais para o sucesso da realização das operações existentes na colheita.

O item da qualidade exigida “ter pouca compactação do solo” apresentou relação média (3) com o item da característica da qualidade “resistência do solo” e fraca (1) com o item “quantidade de argila”. A relação entre a qualidade exigida “ter pouca compactação do solo” com o item “resistência do solo” foi considerada como média (3), devido à compactação do solo além de relacionar com a resistência,

também se relaciona com o tipo de solo em que se trabalha, de modo que, um solo arenoso, por si só apresenta uma menor compactação quando comparado com um solo argiloso. A relação entre o item da qualidade “ter pouca compactação do solo” com o item da característica “quantidade de argila” apresentou uma nota fraca (1), pelo fato do solo argiloso apresentar maior susceptibilidade a compactação quando comparado a um solo arenoso.

Deve-se ressaltar que estas relações obtidas na matriz da qualidade podem sofrer variações de acordo com o ambiente de produção que se avalia e a visualização técnica do processo de produção da equipe corporativa.

4.5.1 Visão parcial da matriz de relação para o macroprocesso “bom planejamento”

A matriz de relação entre o macroprocesso “bom planejamento” com as características da qualidade: agronômicas; operações mecanizadas; geográficas, é representada por 1674 células. Destas 1674 células, 287 (17%) apresentaram relações, sendo 228 (80%) consideradas como forte, 49 (17%) consideradas como média, 10 (3%) fraca e 1387 (83%) sem relação. Na figura 12, observa-se a relação entre o macroprocesso “bom planejamento” com os itens da característica da qualidade.

Figura 12 - Relação entre o macroprocesso “bom planejamento” com os itens da característica da qualidade

Na figura 12 observa-se que o macroprocesso “bom planejamento” obteve 287 relações com os itens da característica da qualidade. Destas 287, 139 (48%)

apresentaram relações com as características técnicas agronômicas, 68 (24%) com as operações mecanizadas e 80 (28%) com as geográficas. Um fator importante observado entre a relação do “bom planejamento” com os itens da característica da qualidade foi referente às características agronômicas, de modo que das 139 relações identificadas para esse macroprocesso, 70 (50%) dessas se relacionam com as incidências de pragas e plantas daninhas. Essa alta relação ocorre, pois a partir da variedade a ser utilizada, é estabelecido todo o manejo para o controle das incidências. Segundo Kuva et al., 2003 as incidências de pragas e plantas daninhas, dependem de fatores relacionados à comunidade infestante e à própria cultura (espécie ou cultivar). A relação entre o “bom planejamento” com os itens da característica da qualidade apresentou uma distribuição homogênea quanto comparada aos demais macroprocessos. Essa homogeneidade pode ser explicada devido ao planejamento englobar todas as etapas de produção da cana, refletindo assim a realidade da empresa.

4.5.2 Visão parcial da matriz de relação para o macroprocesso “bom preparo de solo”

A matriz de relação entre o macroprocesso “bom preparo de solo” com as características da qualidade, apresentou 2046 células. Destas, 2046 células, 253 (12%) apresentaram relações, sendo 204 (80%) consideradas como forte, 39 (16%) como média, 10 (4%) fraca e 1793 (88%) sem relação. Na figura 13, observar-se a relação entre o macroprocesso “bom preparo de solo” com os itens da característica da qualidade.

Figura 13 - Relação entre o macroprocesso “bom preparo de solo” com os itens da característica da qualidade

Observa-se na figura 13 que o “bom preparo de solo” obteve 253 relações com os itens da característica da qualidade. Destas 253 relações, 179 (71%) apresentaram relações com as características técnicas agronômicas, 36 (14%) com as técnicas das operações mecanizadas e 38 (15%) com as geográficas. Essa alta relação encontrada entre o “bom preparo de solo” com a característica agronômica (71%) ocorre devido ao preparo de solo ter como objetivo favorecer o desenvolvimento da cultura, de forma a oferecer condições físicas, químicas e biológicas adequadas para a otimização do desenvolvimento e produtividade da cultura (Araújo e Monteiro, 2007).

4.5.3 Visão parcial da matriz de relação para o macroprocesso “bom plantio”

A matriz de relação entre o macroprocesso “bom plantio” com as características da qualidade agronômica, operações mecanizadas, e geográficas, apresentou 1860 células. Destas, 1860 células, 232 (12%) apresentaram relações, sendo 182 (78%) consideradas como forte, 50 (22%) consideradas como média, 0 (0%) fraca e 1628 (88%) sem relação. Na figura 14, observa-se a relação entre o macroprocesso “bom plantio” com os itens da característica da qualidade.

Figura 14 - Relação entre o macroprocesso “bom plantio” com os itens da característica da qualidade

Observa-se na figura 14 que das 232 relações, 168 (73%) apresentaram relações com as características técnicas agronômicas, 38 (16%) com as técnicas das operações mecanizadas e 26 (11%) com as geográficas. A alta relação encontrada entre o “bom plantio” com a característica agrônômica (73%), pode ser explicada devido ao plantio ter como objetivo atender as necessidades fisiológicas da planta, proporcionando condições necessárias ao desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar, bem como o crescimento radicular e a brotação, contribuindo para o aumento da produtividade (Barros e Milan, 2010).

O “bom plantio” apresentou baixa relação com as características técnicas das operações mecanizadas, pois atualmente o plantio é realizado de forma manual pela destilaria. Caso a destilaria opte pela realização de forma mecanizada, as relações devem, naturalmente, aumentar entre esse macroprocesso com as características das operações mecanizadas.

4.5.4 Visão parcial da matriz de relação para o macroprocesso “bons tratos culturais”

A relação entre o macroprocesso “bons tratos culturais” com as características da qualidade agrônômica, operações mecanizadas, e geográficas, apresentou 1767 células. Destas, 218 (12%) apresentaram relações, sendo 203 (93%) consideradas como forte, 10 (5%) média, 5 (2%) fraca e 1549 (88%) sem

relação. Na figura 15, observa-se a relação entre o macroprocesso “bons tratos culturais” com os itens da característica da qualidade.

Figura 15 - Relação entre o macroprocesso “bons tratos culturais” com os itens da característica da qualidade

Observa-se na figura 15 que o macroprocesso “bons tratos culturais” obteve 218 relações com os itens da característica da qualidade. Destas 218, 145 (67%) apresentaram relações com as características técnicas agronômicas, 24 (11%) com as técnicas das operações mecanizadas e 49 (22%) com as geográficas. A alta relação encontrada entre o “bons tratos culturais” com as características agronômicas (73%) pode ser explicada devido ao manejo realizado nos estágios denominados tratos cana planta e cana soca.

Na realização dos tratos culturais na cana planta, que é referente ao primeiro corte da cultura, tem como objetivo preparar a superfície do terreno para a colheita mecanizada, complementar o manejo de fertilidade efetuado durante o plantio e realizar o controle de pragas e plantas daninhas de forma a eliminar sua propagação. Para os tratos culturais na cana soca, que é referente ao segundo até o ultimo corte da cana-de-açúcar, tem como objetivo enleirar a palha deixada após a colheita, efetuar o manejo de fertilidade criando condições adequadas para o novo desenvolvimento da cultura e realizar o controle de pragas e plantas daninhas.

Outro fator importante que se observa na matriz é entre o macroprocesso “bons tratos culturais” e os itens da característica geográfica, que corresponde a

22% das relações. Com o intuito de obter melhores resultados com a aplicação de herbicidas e fertilizantes, deve-se levar em consideração as condições climáticas da região, de forma a identificar a melhor época de aplicação considerando os fatores como a umidade relativa, a temperatura, o vento, proporcionando assim condições adequadas para o desenvolvimento da cultura e contribuindo para o aumento da produtividade.

4.5.4 Visão parcial da matriz de relação para o macroprocesso “boa colheita mecanizada”

A relação entre o macroprocesso “boa colheita mecanizada” com as características da qualidade agrônômica, operações mecanizadas, e geográficas, apresentou 3999 células. Destas, 294 (7%) apresentaram relações, sendo 218 (74%) consideradas como forte, 53 (18%) média, 23 (8%) fraca e 3705 (93%) sem relação. Na figura 16, observa-se a relação entre o macroprocesso “boa colheita mecanizada” com os itens da característica da qualidade.

Figura 16 - Relação entre o macroprocesso “boa colheita mecanizada” com os itens da característica da qualidade

Observa-se na figura 16 que a “boa colheita mecanizada” obteve 294 relações com os itens da característica da qualidade. Destas 294, 59 (20%) apresentaram relações com as características técnicas agrônômicas, 171 (58%) com as operações mecanizadas e 64 (22%) com as geográficas. A alta relação encontrada entre a “boa colheita mecanizada” com as características das operações

mecanizadas (58%), pode ser explicada devido à colheita ser realizada de forma mecanizada. Segundo Magalhães e Braunbeck (1998) e Pelóia et al., (2010), a realização da colheita mecanizada da cana-de-açúcar é uma tendência irreversível. Portanto, deve-se ressaltar que ao realizar a colheita de forma manual, fica evidente que as relações com as características técnicas das operações mecanizadas serão diferentes.

Outro aspecto importante que se observa na matriz é entre a “boa colheita mecanizada” e os itens da característica geográfica, que corresponde a 22% das relações. Com o intuito de obter uma melhor capacidade de campo operacional e um menor custo operacional, deve-se atentar as condições geográficas, de modo que quanto maior for o comprimento da fileira, menor será a quantidade de manobras a serem efetuadas, aumentando assim o tempo efetivo das colhedoras e diminuindo o custo. Segundo Ripoli (2004) a colheita mecanizada representa em média 30% a 35% do custo total de produção, sendo importante a identificação e a quantificação das variáveis que exercem influência nesse macroprocesso.

4.6 Qualidade Projetada

Posteriormente a identificação dos itens prioritários da qualidade exigida, calculou-se os itens da característica da qualidade para o processo de produção da destilaria, por meio da multiplicação entre o peso relativo e o valor das relações na matriz. Na Tabela 12, verifica-se parcialmente os itens da qualidade projetada prioritários (indicadores críticos) para o processo de produção da cultura para a destilaria.

Tabela 12 – Itens da qualidade projetada prioritários (indicadores críticos) para o processo de produção da destilaria

Ordem decrescente	Qualidade projetada para o processo de produção da destilaria	Porcentagem (%)	Porcentagem acumulada (%)
1	produtividade do canavial	5,88	5,88
2	capacidade de campo operacional	3,33	9,21
3	Balanço hídrico	2,91	12,12
4	incidência de <i>Cyperus</i> spp. -Tiririca	2,23	14,36
5	incidência de <i>Cynodon dactylon</i> - Grama-seda	2,23	16,59
6	incidência de <i>Brachiaria decumbens</i> - Capim-braquiária	2,23	18,82
7	incidência de <i>Brachiaria plantaginea</i> - Capim-braquiária	2,23	21,06
8	incidência de <i>Panicum maximum</i> - Capim-colonião	2,23	23,29
9	incidência de <i>Rottboelia exaltata</i> - Capim-camalote	2,23	27,76
10	incidência de <i>Eleusine indica</i> - Capim-pé-de-galinha	2,23	30
11	incidência de <i>Ipomoea</i> spp. - Corda-de-viola	2,23	32,23
12	incidência de <i>Amaranthus</i> spp. - Caruru	2,23	34,47
13	resistência do solo	2,23	36,55
14	declividade	2,08	38,31
15	quantidade de obstáculos	1,76	40,05
16	Temperatura	1,75	41,75
17	no de manobras. ha-1	1,70	43,42
18	vento	1,67	45,08
19	Baixo custo operacional	1,65	46,67
20	Coefficiente de variação de aplicação	1,59	48,22
21	época de realização plantio	1,56	49,72
22	tempo da colhedora efetivamente em operação	1,50	51,22
23	espaçamento	1,50	52,65
24	número de terraços	1,43	54,02
25	disponibilidade de máquinas e equipamentos	1,37	55,35
26	época de realização Tratos cana planta	1,33	56,66
27	época de realização Tratos soqueira	1,31	57,96
28	incidência de <i>Diatraea saccharalis</i> - Broca da cana	1,30	59,17
29	tempo perdido com máquina quebrada	1,20	60,36
30	porcentagem de falhas	1,20	61,56
31	época de realização Colheita	1,19	62,67
32	época de realização preparo de solo	1,11	63,68
33	incidência de <i>Mygdolus fryanus</i> - migdolus	1,01	64,68
34	incidência de <i>Dyscinetus</i> spp., <i>Cyclocephala</i> spp. e <i>ligyrus</i> spp. - corós ou pão de galinha	1,00	65,67
35	quantidade de matéria orgânica	1,00	66,65
36	incidência de <i>Sphenophorus levis</i> e <i>Metamasius hemipterus</i> - Gorgulhos da cana	0,98	67,62
37	capacidade de água disponível (CAD)	0,97	68,57
38	tempo de manobra	0,94	69,5
39	incidência de <i>Mahanarva fimbriolata</i> - Cigarrinha-das-raízes	0,94	70,44

Na Tabela 12 observa-se os principais itens da qualidade projetada para o processo de produção. Nota-se que dos 93 itens da qualidade projetada identificados, 39 correspondem a 70% de todos os indicadores técnicos responsáveis pelo processo de produção da cultura. Os três principais indicadores obtidos foram: “produtividade do canavial”; “capacidade de campo operacional”;

“balanço hídrico”. O indicador “produtividade do canavial” é responsável por 6% de todo o processo de produção. Essa importância pode ser explicada devida à produção agrícola ter como objetivo principal a busca pela alta produtividade do canavial, resultando assim em uma maior produção de etanol. Para os indicadores “capacidade de campo operacional” e “balanço hídrico”, cada indicador é responsável por aproximadamente 3% de todo o processo de produção. O indicador “capacidade de campo operacional” está relacionado com todas as operações mecanizadas dos macroprocessos bem como seu baixo custo operacional. O indicador “balanço hídrico” está correlacionado com todos os macroprocessos, principalmente ao “bom planejamento”, pois o planejamento e a execução das operações está diretamente ligada às condições climatológicas locais.

Os indicadores referentes à incidência de ervas daninha e pragas são importantes para a produção da cultura de cana, de modo que, mesmo efetuando-se um bom preparo de solo, um bom plantio e uma boa colheita mecanizada e não realizar um bom controle de ervas daninha e pragas (tratos culturais), a produtividade do canavial estará comprometida. Ao analisar tal fato, observa-se que o método QFD prioriza as atividades que serão realizadas no processo de produção, contribuindo assim para a tomada de decisão.

4.7 Matriz de correlação

Após a identificação da qualidade projetada, efetuou-se a correlação entre os indicadores técnicos. Nesta etapa verifica-se se existe ou não correlação entre os indicadores, de forma direta ou inversa, podendo ser: fortemente positiva, positiva, fortemente negativa ou negativa (item 3.7). A correlação destes indicadores tem como objetivo evidenciar quais indicadores sofrerão alterações (de forma positiva ou negativa) em todo o processo de produção quando se deseja modificar um indicador, tendo a visão geral do impacto a ser gerado em todo o processo. Para um total de 4371 células, foram encontradas 257 correlações: 56 (22%) fortemente positiva, 61 (24%) fortemente negativa, 91 (35%) positiva e 49 (19%) negativa.

Na Figura 17, observam-se parcialmente as correlações entre alguns os indicadores. A matriz de correlação pode ser vista, na íntegra, no anexo I.

Figura 17 – Visão parcial das correlações entre os indicadores técnicos

Na Figura 17, verifica-se algumas correlações entre os indicadores técnicos agrônômicos e das operações mecanizadas. Essas correlações refletem no que se deseja de cada indicador, ou seja, tomando como exemplo o indicador “diâmetro de torrões”, pertencente ao grupo dos indicadores técnicos agrônômicos, observa-se que aumentando a “resistência do solo”, aumenta-se o “diâmetro dos torrões” e diminui a “capacidade de água disponível (CAD)”.

Os indicadores que apresentaram maiores correlações foram: “produtividade do canavial” com 49 correlações, sendo 34 negativas (inversamente proporcional) e 15 positivas (diretamente proporcional) e “porcentagem de falhas” com 47 correlações, sendo 13 negativas e 34 positivas. Na Tabela 13, observa-se parcialmente as correlações obtidas para o indicador “produtividade do canavial”.

Tabela 13 – Visão parcial das correlações para o indicador “produtividade do canavial”

Indicadores Técnicos características agronômicas	Produtividade do canavial
diâmetro dos torrões	-
resistência do solo	--
quantidade de argila	++
quantidade de matéria orgânica	++
capacidade de água disponível (CAD)	++
espessura da camada do solo (horizonte)	++
quantidade de macroporos	++
Perda de solo e nutrientes	--
quantidade de obstáculos	-
acidez do solo PH	+
quantidade de N	+
quantidade de P	+
quantidade de K	+
idade das mudas	
porcentagem de pisoteio	--
comprimento da muda	+
altura de cobertura muda	+
profundidade do sulco	+
espaçamento	+
densidade de gemas viáveis	+
controle biológico	+
consumo de mudas	+

Observando-se a correlação do indicador “produtividade do canavial” na Tabela 13, nota-se que com o intuito de aumentar a “produtividade do canavial”, é necessário alterar alguns indicadores para obter tal resultado. Para tanto é necessário reduzir os indicadores: “diâmetro dos torrões”; “resistência do solo”; “perda de solo e nutrientes”; “quantidade de obstáculos”; “incidência de pragas e plantas-daninhas”; entre outros, e melhorar os indicadores: “quantidade de matéria orgânica”; “capacidade de água disponível (CAD)” “quantidade de macroporos”; entre outros.

Outro indicador técnico importante evidenciado pelas correlações foi referente ao “tempo de ciclo dos caminhões”. Esse indicador é importante, pois engloba o gerenciamento de recursos da colheita, processo no qual representa um custo de 30 a 35% de todo o processo de produção. O “tempo de ciclo dos caminhões” tem como objetivo entregar a matéria-prima para a indústria de forma a garantir seu abastecimento. Na tabela 14 nota-se as correlações referentes a esse indicador.

Tabela 14 – Correlação para o indicador tempo de ciclo dos caminhões

Indicadores técnicos	Características operações mecanizadas
	tempo de ciclo dos caminhões
tempo perdido com máquina quebrada	-
tempo perdido com máquina para abastecimento	-
tempo perdido com falta de transbordo	-
tempo de manobra	-
tempo da colhedora efetivamente em operação	-
baixo custo operacional	-
capacidade de campo operacional	++
tempo perdido com deslocamento da colhedora	-
tempo perdido com falta de caminhões no campo	-
disponibilidade de máquinas e equipamentos	-
capacidade do transbordo	-
distância da área de plantio	--
distância do local de colheita para indústria	--
nº de mudanças de área por mês	--

Observando a correlação do indicador “tempo de ciclo dos caminhões” na Tabela 14, nota-se que com o intuito de diminuir o tempo de ciclo dos caminhões, é necessário reduzir alguns indicadores: “tempo perdido com máquina parada”; “tempo de manobra”; “distância do local de colheita para indústria”; entre outros.

5 CONCLUSÃO

Com base na metodologia proposta foi possível transformar as características intangíveis, desejáveis para o processo de produção da cana-de-açúcar, em tangíveis, mensuráveis, características essas consideradas como indicadores para o processo. Os indicadores priorizados, ordem de importância, definem a criticidade da participação desses indicadores no processo de produção da cana-de-açúcar.

A priorização é fundamentada no conhecimento da equipe técnica que realizou o trabalho. Esse conhecimento é expresso na definição do grau de importância dos itens, na comparação com outro processo de produção, no plano de melhoria, e na relação entre o que é um bom processo e como fazer para atendê-los.

Do total de indicadores, 93, os três considerados mais importantes foram: “produtividade do canavial”; “capacidade de campo operacional”; “balanço hídrico” respectivamente. Atribui-se uma grande importância para o indicador “produtividade do canavial”, devido ao fato da produção agrícola ter como objetivo principal a busca pela alta produtividade. Já o indicador “capacidade de campo operacional” está relacionado com todas as operações mecanizadas dos macroprocessos, bem como seu baixo custo. E o indicador “balanço hídrico” está relacionado com todos os macroprocessos, principalmente ao “bom planejamento”, pois o planejamento e a execução das operações está diretamente ligada com as condições climatológicas locais.

Na matriz de relação o macroprocesso “bom planejamento” apresentou uma distribuição homogênea, quanto comparada aos demais macroprocessos, com os itens da característica da qualidade apresentou. Essa homogeneidade pode ser explicada devido ao planejamento englobar todas as etapas de produção da cana, refletindo assim a realidade da empresa.

Na matriz de correlação os indicadores que apresentaram maiores correlações foram: “produtividade do canavial” e a “porcentagem de falhas”. Com o intuito de aumentar a “produtividade do canavial”, é necessário modificar alguns indicadores de forma a obter o resultado desejado.

REFERÊNCIAS

- AKAO, Y. **Desdobramento das diretrizes para o sucesso do TQM**. Porto Alegre: Artes Médicas Bookman, 1997. 200p.
- ARAÚJO, A.S.F.; MONTEIRO, R.T.R.; CARVALHO, E.M.S. Effect of composted textile sludge on growth, nodulation and nitrogen fixation of soybean and cowpea. **Bioresource Technology**, London, v. 97, p. 1028-1032, 2007.
- BARROS, F.F.; MILAN, M. Qualidade operacional do plantio de cana-de-açúcar. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 1, p. 221-229, 2010.
- BEAUCLAIR, E.G.F.; SCARPARI, M.S., Noções fitotécnicas. In: RIPOLI, T.C.C.; RIPOLI, M.L.C.; CASAGRANDE, D.V. (Org.). **Plantio de cana-de-açúcar**: estado da arte. Piracicaba: Livrocere, 2006. v. 1, p. 80-91.
- BRUGNARO, C.; SBRAGIA, R. (Coord.). **Gerência agrícola em destilarias de álcool**. 2. ed. Piracicaba: Ministério da Indústria e do Comércio, 1986. 212p.
- CAMPOS, C.M.; MILAN, M.; SIQUEIRA, L.F.F. Identificação e avaliação de variáveis críticas no processo de produção da cana-de-açúcar. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 28, n. 3, p. 554-564, set. 2008.
- CARNEVALLI, J.A.; MIGUEL, P.A.C. Revisão, análise e classificação da literatura sobre o QFD: tipos de pesquisa, dificuldades de uso e benefícios do método. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 14, n. 3, p. 557-579, Dec. 2007.
- CARNEVALLI, J.A.; SASSI, A.C.; MIGUEL, P.A.C. Aplicação do QFD no desenvolvimento de produtos: levantamento sobre seu uso e perspectivas para pesquisas futuras. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 11, n. 1, p. 33-49, abr. 2004.
- CHENG, L.C.; MELO FILHO, L.D.R. **QFD**: Desdobramento da Função da Qualidade na gestão de desenvolvimento de produtos. São Paulo: Ed. Blucher, 2007. 539p.
- COELHO, M.F. **Planejamento da qualidade no processo de colheita mecanizada da cana-de-açúcar**. 2009. 75p. Dissertação (Mestrado em Máquinas Agrícolas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.
- COLETI, J.T.; STUPIELLO, J.J. Plantio da cana-de-açúcar. In: SEGATO, S.V.; PINTO, A.S.; JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J.C.M. **Atualizações em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: CP 2, 2006. p. 173-191.
- DEON, M.D.I.; GOMES, T.M.; MELFI, A.J.; MONTES, C.R.; SILVA, E. da. Produtividade e qualidade da cana-de-açúcar irrigada com efluente de estação de tratamento de esgoto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, p. 1149-1156, 2010.

DORAN, J.W.; PARKIN, T.B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J.W. (Ed.). **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: Soil Science Society of Agronomy, 1994. p. 3-21.

GILBERT, R.A.; SHINE JUNIOR, J.M.; MILLER, J.D.; RICE, R.W.; RAINBOLT, C.R. The effect of genotype, environment and time of harvest on sugarcane yields in Florida, USA. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 95, p. 156-170, 2006.

GOMES FILHO, T.; BRUNSTEIN, I. Considerações sobre o planejamento para a qualidade de serviços e os fatores de sucesso de novos empreendimentos. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 2, n. 1, p. 96-108, abr. 1995.

GOVERS, C.P.M. What and how about quality function deployment (QFD). **International Journal of Production Economics**, Amsterdam, v. 46/47, p. 575-585, 1996.

HORII, J.A. Qualidade da matéria-prima na visão industrial. **Visão Agrícola**, Piracicaba, v. 1, n. 1, p. 91-93, 2004.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades@. 2010**.

Disponível em:

<<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/painel/painel.php?codmun=250810#>>. Acesso em: 30 ago. 2011.

JOHNSON, D.L.; AMBROSE, S.H.; BASSET, J.J.; BOWEN, M.L.; CRUMMEY, D.E.; ISAACSON, J.S.; JOHNSON, D.N.; LAMB, P.; SAUL, M.; WINTER-NELSON, A.E. Meanings of environmental terms. **Journal of Environmental Quality**, New York, v. 26, p. 581-589, 1997.

KARLEN, D.L.; DITZLER, C.A.; ANDREWS, S.S. Soil quality: why and how? **Geoderma**, Amsterdam, v. 14, p. 145-156, 2003.

KARLEN, D.L.; MAUSBACH, M.J.; DORAN, J.W.; CLINE, R.G.; HARRIS, R.F.; SCHUMAN, G.E. Soil quality: a concept, definition and framework for evaluation. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 61, p. 4-10, 1997.

KUVA, M.A.; GRAVENA, R.; PITELLI, R.A.; CHRISTOFFOLETI, P.J.; ALVES, P.L.C.A. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar. III – Capimbraquiária (*Brachiaria decumbens*) e Capim-colonião (*Panicum maximum*). **Planta Daninha**, Rio de Janeiro, v. 21, n. 1, p. 37-44, 2003.

MAGALHÃES, P.S.G.; BRAUNBECK, O.A. Colheita de cana-de-açúcar - atualidade e perspectiva. In: BAUBUENA R.H.; BENEZ, S.H.; JORJARURIA, D. **Ingeniería rural y mecanización agrária en el ámbito latinoamericano**. La Plata: Argentina, 1998. v. 1, p. 262-273.

MAGALHAES, P.S.G.; BRAUNBECK, O.A.; PAGNANO, N.B. Resistência à compressão e remoção de folhas da cana-de-açúcar visando à colheita mecânica. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 177-184, abr. 2004.

MARCOS, S.K.; JORGE, J.T. Desenvolvimento de tomate de mesa, com o uso do método QFD (Desdobramento da Função Qualidade), comercializado em um supermercado. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 3, p. 490-496, set. 2002.

MICHELAZZO, M.B.; BRAUNBECK, O.A. Análise de seis sistemas de recolhimento do palhiço na colheita mecânica da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 5, p. 546-552, out. 2008.

MIGUEL, P.A.C. The state-of-the-art of the Brazilian QFD applications at the top 500 companies. **International Journal of Quality and Reliability Management**, Bradford, v. 20, n. 1, p. 74-89, 2003.

MIGUEL, P.A.C. QFD no desenvolvimento de novos produtos: um estudo sobre a sua introdução em uma empresa adotando a pesquisa-ação como abordagem metodológica. São Paulo, v. 19, n. 1, p. 105-128, abr. 2009.

MILAN, M.; FERNANDES, R.A.T. Quality of tillage operations by statistical process control. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 59, p. 261-266, 2002.

MILAN, M.; BARROS, J.W.D.; GAVA, J.L. Planning soil tillage using quality function deployment (QFD). **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 60, n. 2, p. 217-221, abr./jun. 2003.

MONACO, F.F.; GUIMARAES, V.N. Gestão da qualidade total e qualidade de vida no trabalho: o caso da gerência de administração dos correios. **Revista de Administração Contemporânea**, Curitiba, v. 4, n. 3, p. 67-88, dez. 2000.

MORAES, M.A.F.D. Indicadores do mercado de trabalho do sistema agroindustrial da cana-de-açúcar do Brasil no período de 1992-2005. **Estudos Econômicos**, São Paulo, v. 37, n. 4, p. 875-902, 2007.

MOZAMBANI, A.E.; PINTO, A.S.; SEGATO, S.V.; MATTIUZ, C.F.M. História e morfologia da cana-de-açúcar. In: SEGATO, S.V.; PINTO, A.S.; JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J.C.M. **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: PLANALSUCAR, 2006. p. 11-18. (Cadernos PLANALSUCAR, 2).

NEVES, J.L.M.; MAGALHÃES, P.S.G.; OTA, W.M. Sistema de monitoramento de perdas visíveis de cana-de-açúcar em colhedora de cana picada. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 24, n. 3, p. 764-770, 2004.

OLIVEIRA, J.A.P. Repensando políticas públicas: por que frequentemente falhamos no planejamento? In: MARTINS, P.E.M.; PERANTI, O.P. (Org.). **Estado e gestão pública: visões do Brasil contemporâneo**. Rio de Janeiro: FGV, 2006. p. 189-204.

ORLANDO FILHO, J.; MACEDO, N.; TOKESHI, H. Seja doutor do seu canavial. **Informações Agronômicas**, São Paulo, v. 67, p. 1-16, 1994.

PAULI, D.G. **Planejamento da qualidade do plantio mecanizado de cana-de-açúcar**. 2009. 80p. Dissertação (Mestrado em Máquinas Agrícolas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

PECHE FILHO, A. Qualidade total na agricultura. In: SIMPÓSIO DE QUALIDADE TOTAL NA AGRICULTURA, 1., 1994, São Paulo. **Anais...** São Paulo: AEASP, 1994. p. 19-35.

PELÓIA, P.R.; MILAN, M. Proposta de um sistema de medição de desempenho aplicado à mecanização agrícola. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 4, p. 681-691, ago. 2010.

PELÓIA, P.R.; MILAN, M.; ROMANELLI, T.L. Capacity of the mechanical harvesting process of sugar cane billets. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 67, p. 619-623, 2010.

RIPOLI, T.C.C. Ensaio e certificação de máquinas para colheita de cana-de-açúcar. In: MIALHE, L.G. (Ed.). **Máquinas agrícolas: ensaios & certificação**. Piracicaba: CNPQ-PADCT; TIB; FEALQ, 1996. p. 635-673.

RIPOLI, T.C.C.; RIPOLI, M.L.C. **Biomassa de cana-de-açúcar: colheita, energia e ambiente**. Piracicaba: Ed. dos Autores, 2004. 309p.

SCOPINHO, R.A. Qualidade total, saúde e trabalho: uma análise em empresas sucroalcooleiras paulistas. **Revista de Administração Contemporânea**, Rio de Janeiro, v. 4, n. 1, p. 93-112, 2000.

SEVERIANO, E.C.; OLIVEIRA, G.C.; DIAS JÚNIOR, M.S.; CASTRO, M.B.; OLIVEIRA, L.F.C.; COSTA, K.A.P. Compactação de solos cultivados com cana-de-açúcar: I - modelagem e quantificação da compactação adicional após as operações de colheita. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 3, p. 404-413, 2010.

SEYBOLD, C.A.; HERRICK, J.E.; BREDJA, J.J. Soil resilience: a fundamental component of soil quality. **Soil Science**, Madison, v. 164, p. 224-233, 1998.

SOUZA, M.A. de; COLLAZIOL, E. Planejamento e controle dos custos da qualidade: uma investigação da prática empresarial. **Revista Contabilidade & Finanças**, São Paulo, v. 17, n. 41, p. 38-55, ago. 2006.

SOUZA, Z.M.; PAIXÃO, A.C.S.; PRADO, R.M.; CESARIN L.G.; SOUZA, S.R. Manejo de palhada de cana colhida sem queima, produtividade do canavial e qualidade do caldo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 5, p. 1062-1068, out. 2005.

TASSO JUNIOR, L.C.; MARQUE, M.O.; FRANCO, A.; NOGUEIRA G.A.; NOBILE, F.O.; CAMOLOTTI, F.; SILVA, A.R. Produtividade e qualidade de cana-de-açúcar cultivada em solo tratado com lodo de esgoto, vinhaça e adubos minerais. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 1, p. 276-283, abr. 2007.

ANEXO