

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

**Planejamento da qualidade no processo de colheita mecanizada da
cana-de-açúcar**

Marcelo Francisco Coelho

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

**Piracicaba
2009**

**Marcelo Francisco Coelho
Engenheiro Agrônomo**

**Planejamento da qualidade no processo de colheita
mecanizada da cana-de-açúcar**

**Orientador:
Professor Dr. MARCOS MILAN**

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

**Piracicaba
2009**

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

Coelho, Marcelo Francisco
Planejamento da qualidade no processo de colheita mecanizada da cana-de-açúcar /
Marcelo Francisco Coelho. - - Piracicaba, 2009.
75 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2009.
Bibliografia.

1. Cana-de-açúcar 2. Colhedoras 3. Colheita - Qualidade 4. Desdobramento da função
qualidade 5. Mecanização agrícola I. Título

CDD 633.61
C672p

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

DEDICATÓRIA

Ao meu pai Gabriel e minha mãe Cidinha pelos ensinamentos, formação de caráter e exemplos de dignidade.

Meus queridos irmãos Renato e Mariana pelo apoio moral.

E à Marcia pelo amor, cumplicidade, companheirismo, paciência e pela força inesgotável nos momentos difíceis.

“Uma das maiores razões para o êxito na vida é a habilidade de manter um interesse diário em algum trabalho para ter entusiasmo constante”

William Lyon Phelps

AGRADECIMENTOS

À **Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”** local único para se aprender e viver.....

Ao professor e orientador Marcos Milan por todos os ensinamentos, orientação e apoio na realização deste trabalho.

Ao Grupo COSAN pela oportunidade de realizar este trabalho e pelo incentivo à pesquisa.

Aos professores Tomaz Caetano C. Ripoli, José Paulo Molin, Casimiro Gadanha Junior e Thiago Romanelli pela transmissão de conhecimentos.

Aos meus grandes amigos e irmãos engenheiros agrônomos Fernando Ferraz Barros, Letícia Altafin, Luiz Fernando Zinsly e Marco David Molina Risco pela amizade, companheirismo e momentos de descontração únicos nesses 11 anos de convívio.

Aos engenheiros agrônomos Geraldo José Aparecido Dario e Márcio Antônio Montechese, por serem meus grandes mestres e professores na área, além de terem me dado uma oportunidade única de aprendizado da qual não me esquecerei jamais.

Aos colaboradores da Usina Da Barra, em especial Daniel Augusto Peressinoto, Fabio Melo da Silva, Mauricio Chiarini Amade e Valdeci Bérigamo pelo apoio na dissertação.

À república K-labouço, por todos os anos de amizade e ensinamentos.

“A corrente jamais será quebrada”.....

Aos colegas do programa de pós-graduação pelos momentos de descontração.

Aos funcionários do departamento de Máquinas Agrícolas, pela dedicação e apoio.

E a todos que diretamente ou indiretamente apoiaram este trabalho.

OBRIGADO.

SUMÁRIO

RESUMO.....	9
ABSTRACT	11
LISTA DE FIGURAS	13
LISTA DE TABELAS	15
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	17
1 INTRODUÇÃO	19
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	21
2.1 Colheita mecanizada	24
2.1.1 Histórico da colheita mecanizada de cana-de-açúcar	25
2.1.2 Queima da cana versus legislação ambiental	26
2.1.3 Oportunidades e desafios da colheita mecanizada	27
2.2 Planejamento	31
2.2.1 Histórico do QFD	31
2.2.2 QFD – Definições	32
2.2.3 Matriz da Qualidade	33
2.2.4 QFD – Aplicações no Desenvolvimento de Produtos e Serviços	34
2.2.5 QFD – Aplicações na Agropecuária	35
3 MATERIAL E MÉTODOS	37
3.1 Casa da Qualidade.....	37
3.1.1 Qualidade Exigida – O Que (QE)	38
3.1.2 Grau de Importância (GI).....	40
3.1.3 Avaliação Comparativa (AC)	40
3.1.4 Plano de Melhoria (PM).....	41
3.1.5 Índice de Melhoria (IM).....	41
3.1.6 Argumento Técnico (AT)	42
3.1.7 Peso Absoluto (PA)	42
3.1.8 Peso Relativo (PR).....	43
3.1.9 Requisitos Técnicos – Como (RT).....	43
3.1.10 Matriz de Relações (MR).....	44
3.1.11 Qualidade Projetada.....	45

3.1.12 Matriz de Correlações (MC).....	45
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
4.1 Qualidade Exigida.....	47
4.2 Qualidade Planejada.....	49
4.2.1 Grau de Importância	51
4.2.2 Avaliação Comparativa	51
4.2.3 Plano de Melhoria	52
4.2.4 Índice de Melhoria.....	52
4.2.5 Argumento Técnico.....	52
4.2.6 Pesos absoluto e relativo.....	53
4.3 Matriz de Relações	57
4.4 Qualidade Projetada	60
5 CONCLUSÃO	65
REFERÊNCIAS	67
ANEXO	73

RESUMO

Planejamento da qualidade no processo de colheita mecanizada da cana-de-açúcar

A cultura da cana de açúcar é uma importante atividade de produção de energia renovável e que envolve diversos setores da economia do país. Nas duas últimas décadas houve um aumento significativo nos investimentos e conseqüentemente da produção dessa cultura. Na produção da cana de açúcar são necessárias várias operações, envolvendo do preparo e sistematização do solo à colheita e transporte da matéria prima para a indústria. As operações podem ser analisadas com o enfoque de um processo fornecedor-cliente onde a operação anterior influencia as subseqüentes. A colheita é de extrema importância, pois além dos custos envolvidos e de ser a última operação do processo agrícola, ela é responsável pelo fluxo contínuo de matéria prima a ser entregue na indústria. Portanto, para o sucesso da atividade, existe a necessidade de se realizar um planejamento adequado da operação de colheita, necessidade que é reforçada pelo aumento da produção e das áreas de colheita mecanizada. Com isso, o objetivo desse trabalho foi definir as prioridades técnicas referentes ao planejamento do processo de colheita mecanizada de cana de açúcar. Para tanto utilizou-se a metodologia função do desdobramento da qualidade (QFD) para definir os requisitos e os parâmetros do projeto. No presente caso, uma Usina produtora de açúcar e álcool foi considerada como cliente da colheita mecanizada. Os resultados evidenciaram que para atender as necessidades dos clientes os principais requisitos técnicos necessários foram a capacidade de processamento da máquina, o tempo da colhedora efetivamente em operação, tempo de manobra, número de manobras por hectare, tempo perdido com a falta de transbordo. A metodologia permitiu planejar a operação de colheita, identificando e priorizando os requisitos técnicos.

Palavras-chave: Mecanização agrícola; Colhedora de cana; QFD

ABSTRACT

Quality planning on sugar cane mechanized harvest process

Sugar cane is an important activity which generates renewable energy and involves several sectors of the country's economy. For the last two decades, there was a significant increase on investments and production at this crop. Several operations that involve the preparing and soil systematization to harvesting and raw material transportation to industry are necessary on sugar cane production. The operations can be analyzed focusing a supplier-client process where the previous operation influences the following ones. The harvesting, the last operation in the agriculture process, is very important for, besides the involved costs it is also responsible for the continuous flow and the quality of raw material delivered to industry. Therefore, to be a successful activity, there must be a proper planning or the harvesting operation, which is pointed out by the increasing of the production and areas of mechanized harvesting. Due these factors the objective of this study was to define the technical priorities for the mechanized harvesting planning. So, the QFD Method was used in order to establish the requirements considered critics by the client and the compatibility between these requirements and the project parameters. In this current case, a mill that produces sugar, alcohol was considered as the client for mechanized harvesting. The results showed that in order to satisfy the client's needs, the main technical requirements were the machine processing capacity, the effective time of the harvester in operation, the maneuver time, the number of maneuver by hectare, the lack of infield wagon. It was possible to plan the harvesting operation, identify and define the technical requirements because of the methodology used.

Keywords: Agricultural mechanization; Sugar cane harvester; QFD

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Produção brasileira de cana-de-açúcar.....	22
Figura 2 – Participação do Estado de São Paulo na produção brasileira.....	23
Figura 3 – Principais destinos do etanol brasileiro	23
Figura 4 – Principais componentes de uma colhedora combinada automotriz.	25
Figura 5 – A Casa da Qualidade e as etapas para sua construção	33
Figura 6 – Casa da Qualidade.....	38
Figura 7 – Diagrama de afinidades (adaptado de DELLARETI FILHO, 1996)	39
Figura 8 – Diagrama de afinidade e de árvore (adaptado de DELLARETI FILHO, 1996)	39
Figura 9 – Obtenção dos requisitos técnicos a partir da qualidade exigida.....	44
Figura 10 - Qualidade exigida, grau de importância, avaliação comparativa do desempenho da Usina Da Barra e da Usina de referência, plano de melhoria e argumento técnico.....	50
Figura 11 – Peso relativo dos itens da qualidade exigida	53
Figura 12 – Peso relativo dos primeiros níveis da qualidade exigida	54
Figura 13 – Distribuição do peso relativo de acordo com os itens que compõem o primeiro nível da qualidade exigida: 1. Colheita mecanizada em áreas preparadas; 2. Bom planejamento da colheita.	55
Figura 14 – Distribuição do peso relativo de acordo com os itens que compõem o primeiro nível da qualidade exigida: 3. Alta eficiência do sistema mecanizado; 4. Boa logística do transporte.	56
Figura 15 - Distribuição do peso relativo de acordo com os itens que compõem o primeiro nível da qualidade exigida: 5. Boa qualidade na operação de colheita; 6. Baixo custo.....	57
Figura 16 – Intensidade da relação da qualidade exigida com os requisitos técnicos ...	59
Figura 17 – Matriz de correlação com 5 principais requisitos técnicos.....	63

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Cronograma de eliminação da queima de cana-de-açúcar no Estado de São Paulo, segundo Lei nº 11.241 / 2002	26
Tabela 2 - Cronograma de eliminação de queima da cana-de-açúcar no Estado de São Paulo, segundo Protocolo Agroambiental (2007)	27
Tabela 3 – Grau de importância dos itens da qualidade exigida avaliados.....	40
Tabela 4 – Grau de satisfação dos itens da qualidade exigida avaliados	41
Tabela 5 – Valores do argumento técnico.....	42
Tabela 6 – Valores para identificar a intensidade das relações entre qualidade exigida.....	45
Tabela 7 – Valores para identificar a intensidade das correlações requisitos técnicos versus requisitos técnicos.	46
Tabela 8 - Itens da qualidade exigida do processo de colheita mecanizada de cana-de-açúcar	48
Tabela 9 - Requisitos técnicos da qualidade exigida.....	58
Tabela 10 – Ordenação da qualidade projetada: peso absoluto, peso relativo e classificação dos requisitos técnicos.....	61

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

UNICA – União das Indústrias de Cana-de-açúcar

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

IEA – Instituto de Economia Agrícola

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento

1 INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar é uma importante atividade geradora de energia e com alta capacidade de envolver diversos setores dentro da economia. Nas duas últimas décadas, após diversas barreiras e desafios enfrentados pelo setor tais como o proálcool, o êxito do carro a álcool, o início da exportação de açúcar pelo setor privado, a desregulamentação do setor e recentemente o surgimento do carro *flex fuel*, a cultura da cana-de-açúcar apresentou uma significativa expansão para novas áreas. Com isso, houve um significativo aumento da produção, além de inúmeros investimentos ocorridos no setor.

A importância da cana-de-açúcar pode ser atribuída às suas múltiplas aplicações. Ela é utilizada sob a forma de forragem, para alimentação animal, para cogeração de energia e como matéria-prima para a fabricação de açúcar, álcool, rapadura, melado e aguardente.

O processo de produção de cana-de-açúcar é constituído de uma série de operações desde o preparo do solo à colheita e o transporte de matéria prima para a Usina. Essas operações são interdependentes e podem ser interpretadas como uma relação cliente - fornecedor. A colheita é uma operação de extrema importância devido ao fornecimento contínuo de matéria prima à indústria. Ela é a última operação da área agrícola, e recebe influência de muitas outras tais como: reforma da área para sistematização, aumentando o rendimento operacional da colhedora; variedades plantadas, de forma a otimizar as mudanças das frentes de colheita e o teor de açúcar total recuperável (ATR); cultivo bem realizado, para que não haja formação de torrões próximos à linha da cultura e conseqüentemente transporte de terra à indústria; controle efetivo de plantas daninhas, evitando assim paradas das colhedoras para limpeza e envio de matéria estranha vegetal para a indústria, entre outros fatores.

O processo de colheita mecanizada da cana-de-açúcar representa, em média, de 30% a 35% do custo total de produção desta cultura. Portanto, é importante, tanto para a viabilidade agrícola quanto para a industrial, o planejamento correto do processo de colheita mecanizada, identificando e quantificando as variáveis que exercem influência sobre ela. A mecanização da colheita não só aumenta a capacidade operacional do

processo como também reduz seu impacto ambiental, por dispensar a queima de resíduos, permitindo um melhor controle das atividades de corte e a compatibilização com o ritmo da indústria. Por outro lado, a colheita mecanizada traz conseqüências sociais e no manejo da cultura. Há necessidade da transferência e treinamento da mão-de-obra do corte manual para as máquinas e, no manejo, trabalhar com os resíduos, palhiço, que fica sobre o solo.

Com o aumento da produção de cana de açúcar e da redução da mão de obra disponível para a colheita no Estado de São Paulo, a colheita mecanizada entra como um importante fator na competitividade do setor sucro-alcooleiro. Ela é ambientalmente menos impactante e tem menores custos de produção quando comparado à colheita manual, se fazendo necessário o correto planejamento dessa operação. Com isso, o objetivo do estudo foi definir as prioridades técnicas referentes ao planejamento do processo de colheita mecanizada de cana-de-açúcar.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O setor sucro-alcooleiro no Brasil vem ganhando espaço no mercado nacional e internacional em função da diversificação e melhoria de produtividade, principalmente no setor agrícola. O setor sucro-alcooleiro brasileiro pode ser considerado como um dos mais competitivos internacionalmente, tendo em vista que em termos energéticos a cana-de-açúcar apresenta um altíssimo teor de fibra, levando clara vantagem competitiva quando comparada com outras culturas, (UNICA - União da Agroindústria Canavieira de São Paulo).

A previsão da produção para safra 2008 indicava que o total de cana-de-açúcar a ser processada no país deve atingir um montante de 571,4 milhões de toneladas, correspondendo a 13,9% a mais do que as 501,5 milhões de toneladas processadas na safra 2007. A colheita de 2008 deve ter um aumento na ordem de 69,9 milhões de toneladas. A produção total de açúcar está estimada em 32,1 milhões de toneladas e representa um acréscimo em relação à safra passada de 2,6%. Para a produção de álcool os números indicam um volume de produção da ordem de 26,6 bilhões de litros, um aumento na produção nacional de 15,7%. (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2008).

Os números apresentados confirmam a tendência de aumento na produção de álcool muito acima do observado para o açúcar. Este fato responde ao comportamento de ambos os mercados pois, por um lado, o consumo do açúcar tem um padrão estável de crescimento, enquanto o álcool etílico ocupa espaços crescentes como um produto de fonte limpa e renovável, capaz de substituir seu congêneres de origem fóssil, a gasolina. Tal crescimento, tanto no mercado doméstico como no internacional, vem transformando este produto em um novo combustível de padrão universal (CONAB, 2008).

Como consequência destas tendências de mercado, a destinação da cana-de-açúcar para a fabricação de álcool está se tornando crescentemente majoritária nas unidades de produção. Na safra 2007, a participação da cana destinada para a produção de álcool estava em 54,03% (45,97% para o açúcar) e, na safra 2008, esta proporção foi estimada em 56,90% (43,10% para o açúcar). Da mesma forma, a

crescente participação dos veículos tipo 'flex-fuel' na frota automotiva brasileira de veículos leves, que já tem mais de 7 milhões de veículos em circulação está impulsionando o consumo do álcool etílico hidratado, em substituição à gasolina e ao álcool anidro (UNICA, 2009).

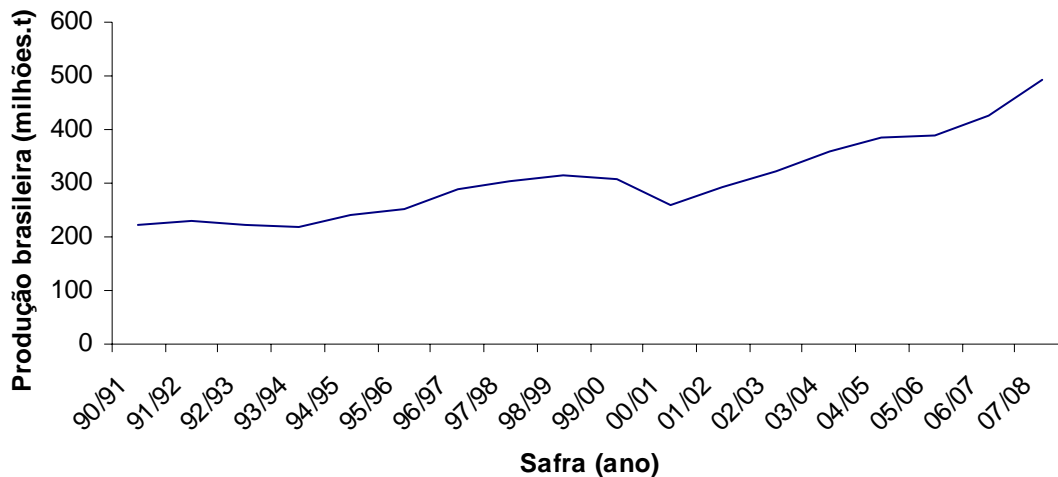


Figura 1 – Produção brasileira de cana-de-açúcar
Fonte: UNICA (2009)

De acordo com a UNICA, o estado de São Paulo é o maior produtor brasileiro, com 340 milhões de toneladas produzidas, o que corresponde a 60% do total produzido no Brasil (Figura 2). Segundo Souza (2008), São Paulo possui vantagens comparativas em relação aos demais estados produtores de açúcar e álcool, como logística, facilidade de transferência de tecnologia e de difusão de competitividade aos demais setores produtivos, através do fornecimento e uso de bens.

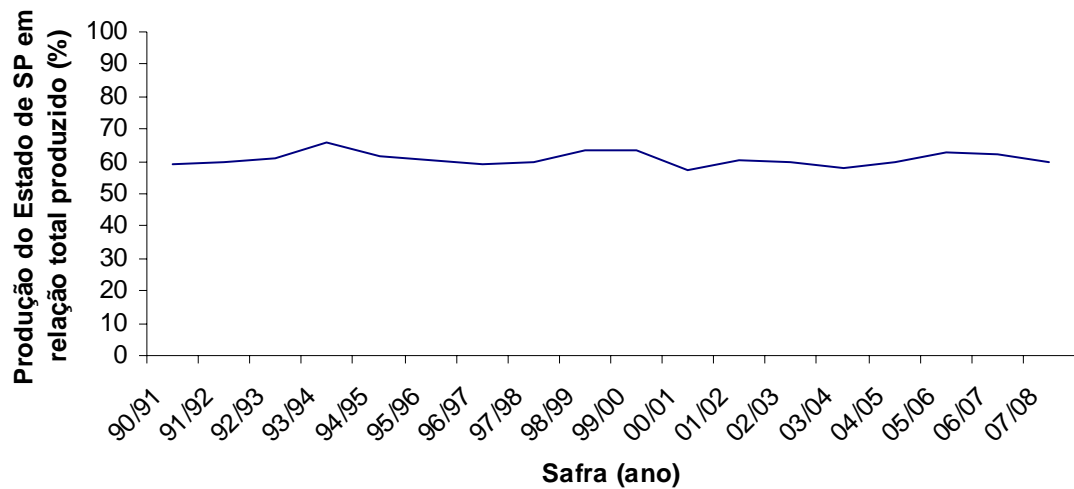


Figura 2 – Participação do Estado de São Paulo na produção brasileira
 Fonte: UNICA (2009)

Apesar de o Brasil ocupar o segundo lugar entre os países na produção do etanol, ele é o maior exportador mundial, com 3,625 bilhões de litros. Os principais destinos são os EUA e os Países Baixos, conforme ilustra a Figura 3.

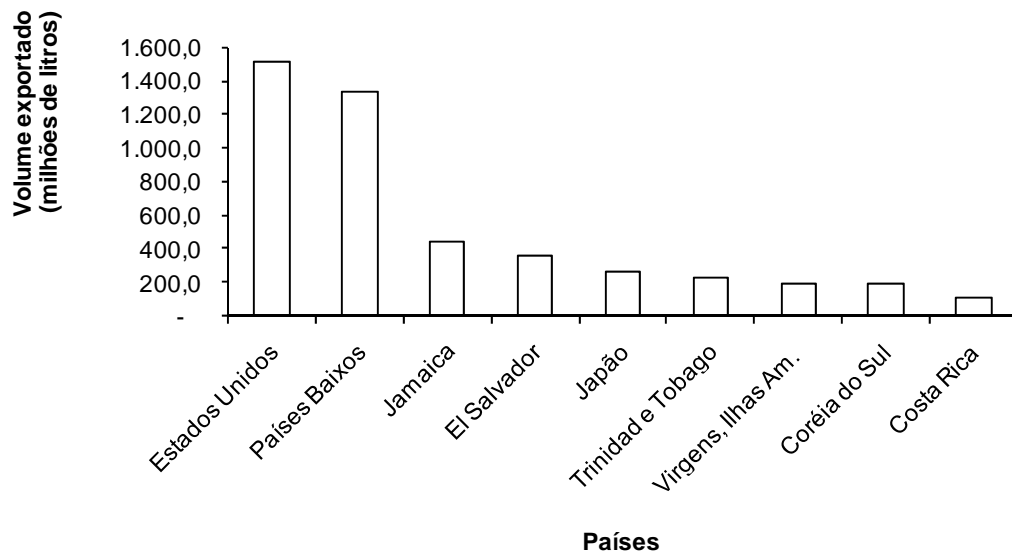


Figura 3 – Principais destinos do etanol brasileiro
 Fonte: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA (2009)

O aumento das exportações de 2007 para 2008 de etanol foi de 62% em valor e 45% em quantidade. Observa-se que, além da conquista do mercado internacional, uma significativa valorização do produto comercializado no mercado internacional. (MAPA, 2009).

2.1 Colheita mecanizada

Ripoli (1996) define três sub-sistemas distintos de colheita no Brasil: manual, semi-mecanizado e mecanizado. O sistema manual, que consiste no emprego da mão-de-obra para o corte e carregamento da matéria prima, foi muito comum na região nordeste do país. Entretanto, devido as recentes leis trabalhistas, o carregamento manual tornou-se proibido, sendo utilizados animais para tal tarefa. O sistema semi-mecanizado, no qual o corte é manual e o carregamento é mecanizado é o mais comum no país, principalmente por grande parte dos produtores autônomos. No sistema mecanizado a matéria-prima é cortada e carregada sem a utilização direta da mão-de-obra. Segundo Ripoli (1996), as colhedoras combinadas automotrizes (Figura 4), que fazem parte do sub-sistema mecanizado, realizam o corte, o fracionamento, a limpeza parcial e o carregamento dos colmos diretamente em unidades de transporte. Para Marques (2009), com a preocupação ambiental e humana por parte de vários segmentos da sociedade, a tendência é que a colheita mecanizada seja o mais utilizado nas próximas décadas.

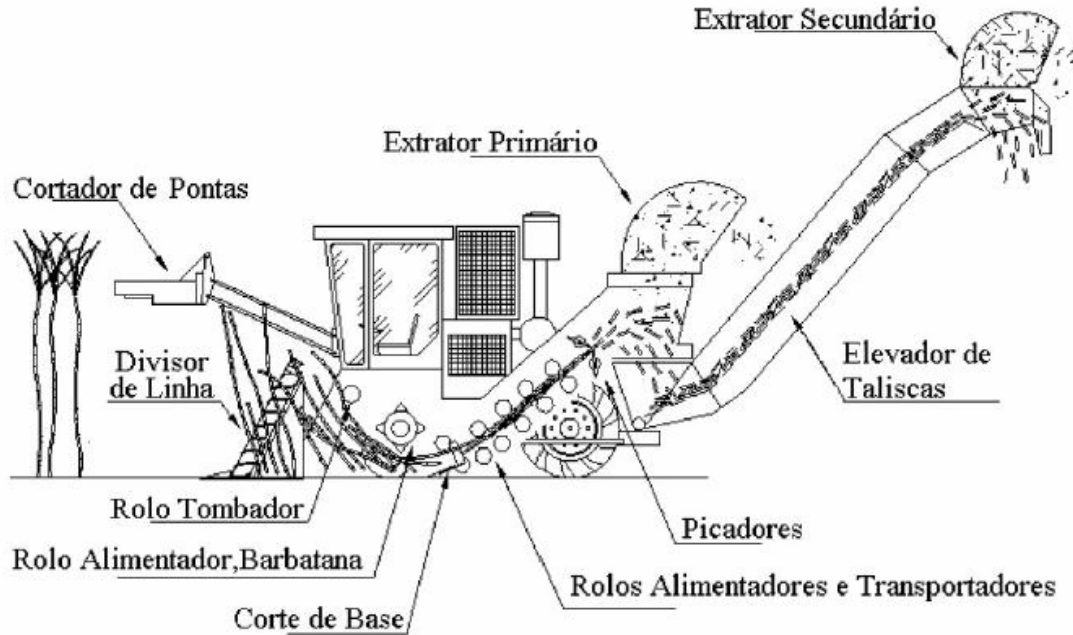


Figura 4 – Principais componentes de uma colhedora combinada automotriz
 Fonte: Neves (2003)

Após a etapa de colheita, a cana é transportada para unidade processadora. O transporte da cana do campo para as usinas é realizado essencialmente por meio do uso de caminhões, uma vez que a forma de transporte que se apresenta mais adequada para as características de distâncias, volumes, agilidade, confiabilidade e periodicidade demandada no transporte dessa matéria-prima (RIPOLI, 1996).

2.1.1 Histórico da colheita mecanizada de cana-de-açúcar

A primeira cortadora autopropelida para cana-de-açúcar foi fabricada em 1906, no Hawai (HUMBERT, 1974). No Brasil, a mecanização parcial da colheita teve início somente na primeira metade da década de 50, com o surgimento das primeiras carregadoras de cana que passaram a substituir o carregamento manual (RIPOLI, 2004).

No final da década de 60 surge, na Austrália, uma nova concepção de máquinas para corte de cana: as colhedoras combinadas. Os inventores, os irmãos Toft, a criaram

sob o pretexto de que assim era possível alinhar, em um único processo, as operações de corte e carregamento (NEVES, 2003).

A introdução em escala comercial das primeiras colhedoras combinadas automotrizes no Brasil aconteceu na primeira metade da década de 70 no Estado de São Paulo, da marca australiana Toft. No ano de 1995, a Toft, já com o nome de Austoft, lança em parceria com a Engagro a primeira colhedora combinada automotriz desenvolvida para a colheita de cana sem queima prévia (NEVES, 2003; RIPOLI, 2004).

2.1.2 Queima da cana versus legislação ambiental

Há uma necessidade do setor sucro-alcooleiro de se adequar às legislações ambientais. Atualmente, a Lei Estadual nº 11.241, de 19 setembro de 2002 estipula um cronograma de extinção da queima da cana, determinando que tal prática seja banida no Estado de São Paulo até o ano 2021 em áreas mecanizáveis e até o ano 2031 em áreas não mecanizáveis. A eliminação gradativa pela Lei está representada na Tabela 1.

Tabela 1 - Cronograma de eliminação da queima de cana-de-açúcar no Estado de São Paulo, segundo Lei nº 11.241 / 2002

Ano	Área mecanizável onde não se pode efetuar a queima da cana-de-açúcar.
	Porcentagem de eliminação da queima
1º ano (2002)	20%
5º ano (2006)	30%
10º ano (2011)	50%
15º ano (2016)	80%
20º ano (2021)	Eliminação total

Ano	Área não mecanizável, declividade superior a 12% e/ou queima menor que 150 ha.
	Porcentagem de eliminação da queima
10º ano (2002)	10%
15º ano (2006)	20%
20º ano (2011)	30%
25º ano (2016)	50%
30º ano (2021)	Eliminação total

Em junho de 2007, o governo do Estado de São Paulo e a UNICA assinaram o Protocolo Agroambiental, antecipando a eliminação da queima no Estado.

Apesar do Protocolo não substituir a Lei Estadual nº 11.241 e não ser obrigatório, a expectativa é que a grande maioria das usinas o cumpra. As usinas e os produtores que aderirem ao mesmo deverão antecipar, nas áreas com declividade até 12%, o prazo final para eliminação da queimada de 2021 para 2014, adiantando o percentual de cana não queimada, em 2010, de 50% para 70%.

Nos terrenos com declividade acima de 12%, o prazo final é de 2031 para 2017, adiantando o percentual, em 2010, de 10% para 30%. (Tabela 2).

Tabela 2 - Cronograma de eliminação de queima da cana-de-açúcar no Estado de São Paulo, segundo Protocolo Agroambiental (2007)

Ano	Área mecanizável onde não se pode efetuar a queima da cana-de-açúcar. Porcentagem de eliminação da queima
2010	70%
2014	Eliminação total

Ano	Área não mecanizável, declividade superior a 12% e/ou queima menor que 150 ha. Porcentagem de eliminação da queima
2010	30%
2014	Eliminação total

Segundo o Instituto de Economia Agrícola - IEA (2008), o percentual de cana colhida mecanicamente cresce em um ritmo acelerado e, no ano de 2007, as colhedoras foram responsáveis por 40,7% do total da cana colhida no Estado de São Paulo, ou seja, 24,5% a mais quando comparado ao ano de 2006.

2.1.3 Oportunidades e desafios da colheita mecanizada

Ripoli e Villanova (1992) afirmam que pode-se obter as seguintes vantagens quando o palhiço decorrente da colheita em cana crua permanece sobre o terreno: diminuição ou até a eliminação do uso de herbicidas; aumento e manutenção do grau de umidade do solo; eficiente mecanismo de controle de erosão; aumento da quantidade de matéria orgânica no solo; redução da população de nematóides nocivos e a não destruição de inimigos naturais da broca e aproveitamento parcial do palhiço para cogeração de energia. Por outro lado, há algumas desvantagens tais como: aumento na quantidade de matéria estranha vegetal recebida pela indústria; aumento

nas perdas ocasionadas por corte basal mais elevado; possível aumento na infestação de algumas pragas e doenças; maiores dosagens de adubação nitrogenada; grandes riscos de incêndios acidentais e propositais durante o ano e modificações em equipamentos de cultivo e adubação.

Macedo e Araújo (2000), concluíram que as populações de insetos predadores são maiores, em número de indivíduos e espécies, e são ainda melhor distribuídas durante o desenvolvimento da cultura, em área de cana-de-açúcar colhida sem queima quando comparadas com áreas queimadas.

A colheita da cana crua deixa no solo entre 5 e 20 toneladas de palha por hectare, afetando drasticamente o estabelecimento de plantas daninhas em áreas cultivadas. A limitação de variação da temperatura na superfície do solo, a formação de uma barreira física a ser transposta pela planta em germinação, o aumento da quantidade de microorganismos que podem decompor sementes e os possíveis efeitos alelopáticos que inibem a germinação alteram a gama de plantas daninhas em solos com palha oriunda da colheita. Além disso, existem plantas daninhas que não tem a germinação inibida pela quantidade de palha no solo (NEGRISOLI et al., 2007). Segundo Velini (2000), nas áreas de cana crua observa-se reduções de plantas daninhas gramíneas em contraste com altas infestações de *Euphorbia heterophylla* e *Ipomoea spp.*, sendo que esta última pode prejudicar ou até impossibilitar a colheita mecanizada da cana.

A palha deixada no solo, além de eficiente protetor contra a erosão, é mais uma fonte de energia para usinas e destilarias. Ripoli (2004) afirma que nunca se deve recolher o máximo possível de palhiço, pois as quantidades de terra que serão arrastadas para a indústria causarão problemas nas fornalhas.

Por outro lado, a terra transportada para a indústria pela colheita mecanizada afeta a qualidade do produto, além de prejuízos causados pelo desgaste de peças e equipamentos em razão de seu efeito abrasivo. Como consequência do aumento da quantidade de terra junto à matéria prima, há a contaminação microbiana e o aumento da dextrana na cana (TROST; STEELE, 2002), um polissacarídeo indesejável por ser associado à deterioração da cana.

O sistema de preparo de solo surge como um dos aspectos mais importantes em relação ao corte basal. Conforme aumentam os desníveis, buracos e presença de pedras de tocos, também aumentam as dificuldades de operação das colhedoras, refletindo em maiores perdas de matéria prima, aumento nos percentuais de matéria estranha e de manutenção nas máquinas (VOLPATO, 2001)

A altura do corte de base da colhedora tem relação inversamente proporcional com a quantidade de terra enviada à indústria. Sob determinadas condições, o corte de base pode cortar um grande volume de solo, correndo-se o risco da soqueira ser destruída durante o corte (RIPOLI; PARANHOS, 1990). Quanto às perdas de matéria prima, a altura do corte de base tem relação diretamente proporcional, pois quanto maior a altura do corte de base, maior a altura de toco observada (SALVI, 2006). Segundo o autor, atualmente os fabricantes de colhedoras estão disponibilizando no mercado sistemas e dispositivos para auxiliar o operador no controle da altura do corte de base, porém, é desconhecido o desempenho atual desses dispositivos.

Roseff (1989) observou que as perdas no campo aumentaram na medida em que houve a elevação da velocidade de avanço da colhedora em cana crua. Já Ripoli (1999) não encontrou diferenças significativas de perdas totais de matéria prima com o aumento da velocidade de avanço da colhedora. As perdas encontradas variaram entre 6,1% a 9,9% do total colhido, notando - se que a colhedora analisada deixa uma quantidade considerável de cana no campo.

As perdas de cana no campo estão diretamente relacionada também com a velocidade do fluxo de ar para limpeza da matéria prima. Segundo Moraes e Neves (1997), quanto maior a eficiência de limpeza dos extratores, maiores serão as possibilidades do acréscimo das perdas de cana, principalmente de “pedaços”. Os “pedaços” são constituídos em grande parte por toletes que são succionados pelo extrator devido à alta velocidade do fluxo de ar, sendo então dilacerados, total ou parcialmente, pelo impacto com as pás do extrator primário. Os autores sugerem que avaliações periódicas das perdas e impurezas podem auxiliar na definição de regulagens adequadas em função das diferentes condições de colheita. A tentativa de reduzir os índices de matéria estranha na cana colhida, aumentando-se a rotação dos

extratores/ventiladores das colhedoras pode elevar as perdas para níveis inaceitáveis economicamente (YOUNGER, 1980).

Para Neves et al. (2004), a eficiência de limpeza do extrator primário, as perdas de cana-de-açúcar em geral e a velocidade de rotação do ventilador estão diretamente relacionadas, pois, quanto maior é a rotação, maior é a eficiência de limpeza e maiores são as perdas. Há, ainda, diferenças significativas entre as perdas (totais) e principalmente lascas, em função da rotação do extrator primário.

A operação de sulcação tem influência no processo de colheita, constatando-se que esta é um cliente do plantio. Na operação de sulcação os sulcos precisam estar paralelos. O não paralelismo pode provocar perdas de matéria prima na operação de colheita, além de provocar o pisoteio das fileiras de cana (RIPOLI, 2004). Para que a operação de sulcação seja paralela, Molin (2003) cita que a orientação por DGPS pode ser uma ferramenta importante para o paralelismo entre sulcos, já que o erro é da ordem de 5 a 10 cm.

Outro desafio encontrado na colheita mecanizada é a compactação do solo, que pode se tornar um fator limitante na produtividade agrícola. Para Michelazzo e Braunbeck (2007), 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 tenha conseguido reduções significativas da pressão dos mesmos sobre o solo. Outros fatores também influenciam na compactação, como características físicas do solo, teor de água e presença de resíduos culturais (DANIEL et al., 1995; MAGALHÃES et al., 2005). Para descompactar o solo, emprega-se o escarificador no cultivo na entrelinha da soqueira, o que altera a densidade do solo. O cultivo da soqueira favorece o aumento da macroporosidade com subsequente decréscimo na microporosidade, sendo o efeito inverso observado após a colheita (CAMILOTTI, 2005).

Para se obter uma boa colheita, o planejamento precisa ser bem realizado. Além de todos os fatores já mencionados, os custos com colheita e transporte correspondem a 35% dos custos envolvidos na produção. (RIPOLI, 2004).

2.2 Planejamento

Maximiano (2004) define planejamento como uma ferramenta para administrar as relações com o futuro, definindo objetivos ou resultados a serem alcançados.

Uma das ferramentas utilizadas para se obter bom planejamento é o QFD (Quality Function Deployment, ou Desdobramento da Função Qualidade). Segundo Fernandes e Rebelato (2006), o QFD é um método criado para operacionalizar o processo de planejamento da qualidade na forma de uma série de relações de causa e efeito, operacionalizadas por meio de matrizes.

2.2.1 Histórico do QFD

O QFD surgiu das necessidades de garantir a qualidade no desenvolvimento do produto, ou seja, na fase de projeto, de forma a garantir esse projeto na pré-produção, isto é, antes do produto entrar em fabricação (MIGUEL et al., 2003).

Cheng et al. (1995) relatam que o QFD foi criado no Japão pelos professores Mizuno e Akao e, desde então tem sido continuamente aperfeiçoado em conjunto com empresas japonesas. Relatam, ainda, que a caracterização do método e a descrição do conteúdo tiveram sua origem nos trabalhos de Akao, em 1972.

Cheng e Melo Filho (2007) afirmam que o método originou-se do uso do diagrama de causa e efeito e, posteriormente, tabelas de garantia da qualidade, particularmente na produção.

Em 1972 o QFD se difundiu pelo Japão com o sucesso da aplicação da metodologia nos estaleiros Kobe, empresa pertencente ao grupo Mitsubishi. O primeiro livro foi publicado em 1978, "Desdobramento da Função Qualidade: Enfoque para Controle da Qualidade Total.", pelos professores Shigeru Mizuno e Yoji Akao.

Nos Estados Unidos o QFD começou a ser aplicado no início da década de 80, quando uma delegação japonesa chefiada por Kaoru Ishikawa a levou para a Ford. A primeira publicação de um livro escrito por um americano aconteceu no ano de 1987, por Dr. Bob King (CHENG; MELO FILHO, 2007).

No Brasil o método QFD foi introduzido em 1989 no Congresso Internacional de Controle da Qualidade (ICQC – International Congress Quality Control) realizado no Rio de Janeiro (AKAO, 1997). Cheng e Melo Filho (2007) afirmam que há relatos de aplicações de QFD nas indústrias automobilísticas e de alimentos desde 1995.

2.2.2 QFD – Definições

Aswad (1989) caracteriza o QFD como uma metodologia sistemática para assegurar que o projeto e sua manufatura resultem num produto de qualidade adequada ao atendimento dos requisitos do cliente a um custo mínimo.

Barros (2001) afirma que a proposta do QFD é sistematizar a opinião verdadeira do cliente, de um bem ou serviço de uma dada etapa para que a integração e interação dos responsáveis do projeto, processo e produção promovam ao máximo a qualidade do produto demandado pelo cliente.

Cheng e Melo Filho (2007) definem o QFD como uma forma de se comunicar sistematicamente a informação relacionada com a qualidade e de explicitar ordenadamente trabalho relacionado com a obtenção da qualidade, tendo como objetivo alcançar o enfoque da garantia da qualidade durante o desenvolvimento do produto.

O QFD é uma metodologia que atua em todas as fases do processo e consegue converter de forma sistemática os requisitos do cliente em características de qualidade, sempre buscando a satisfação total dos clientes (GUAZZI, 1999).

Para Chen et al. (2006), QFD é um método sistemático de tradução da voz dos clientes para um produto final através de vários estágios tais como planejamento, engenharia e produção, tendo uma ordem de importância para a satisfação do cliente.

Miguel et al. (2003) afirmam que o QFD possibilita traduzir os requisitos e necessidades dos clientes em características da qualidade, ou seja, em atributos e especificações do produto. O método melhora a qualidade no desenvolvimento do produto, ou seja, na fase de projeto. Os itens mais importantes são enfocados, tanto do ponto de vista dos clientes quando da empresa, proporcionando um mecanismo para alcançar vantagens competitivas no desenvolvimento do produto.

2.2.3 Matriz da Qualidade

A Casa da Qualidade (Figura 5) é a matriz que auxilia o desdobramento dos requisitos do cliente em especificações técnicas do produto e permite que sejam estipulados os valores metas para o desempenho em termos dessas características. Segundo Govers (1996), algumas etapas devem ser seguidas e serão descritas a seguir.

Definido o produto a ser desenvolvido, que no presente estudo é a colheita mecanizada, é preciso saber quem são os clientes e formar a equipe técnica necessária para desenvolver o projeto.

A qualidade exigida é o que o cliente quer do produto, e geralmente esses conceitos são subjetivos. Por essa razão, requer interpretação e tradução para uma linguagem técnica.

Os requisitos técnicos, ou também chamados de “como”, são objetivos, mensuráveis e tem a função de indicadores. Cada requisito técnico obrigatoriamente deve se relacionar com um item da qualidade exigida.

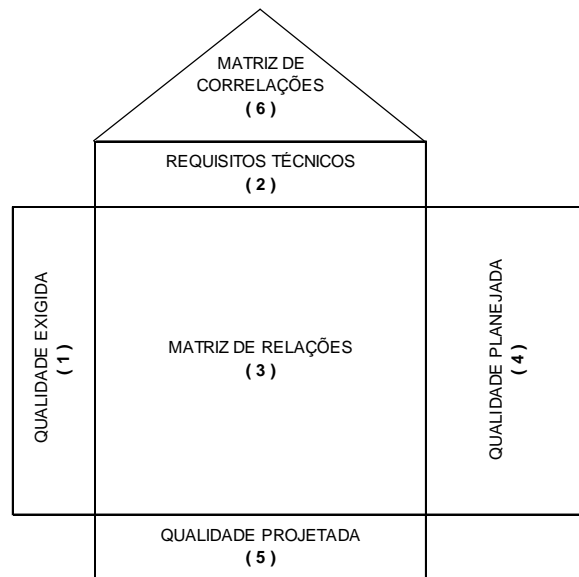


Figura 5 – A Casa da Qualidade e as etapas para sua construção

A matriz de relações identifica a intensidade de cada item da qualidade exigida com os requisitos técnicos. A escala mais utilizada para identificar essas relações são 1 (fraca), 3 (média) e 9 (forte).

Os itens que constituem a qualidade planejada são: grau de importância, índice de melhoria (comparação com “benchmark”, estabelecendo metas de melhorias) e argumento técnico. Após multiplicação das notas desses itens tem-se o peso absoluto.

Na definição da qualidade projetada, os valores meta devem ser capazes de atender satisfatoriamente as necessidades dos clientes, melhorando a posição competitiva do produto no mercado.

A última etapa da construção da casa da qualidade está identificada no “telhado”, sendo chamada de matriz de correlações. Essa matriz auxilia nas decisões relativas à definição das metas de desempenho, por meio de melhor entendimento sobre as proporções entre as características da qualidade do produto. Caso um item da característica for alterado propositalmente, pode-se ter a informação do comportamento dos outros itens.

2.2.4 QFD – Aplicações no Desenvolvimento de Produtos e Serviços

Bacelar et al. (2001) apresentam a aplicação do método do QFD na avaliação do processo de desenvolvimento de uma empresa prestadora de serviços auxiliares a Construção Civil. Após a realização da coleta de informações, foram apontados pelos clientes os principais requisitos: atendimento das especificações e prazo de atendimento. Segundo os autores, apesar da comunicação com o cliente em relação à empresa prestadora de serviços ser um requisito importante para o bom atendimento, a empresa utiliza pessoal técnico qualificado que é um dos seus pontos fortes para identificar as necessidades do cliente.

Segundo Cecin et al. (2001), algumas melhorias foram identificadas após o uso do método QFD em um *shopping center*, tais como: o número de seguranças por acesso às dependências; número de seguranças internos por andar; promoção de treinamentos aos funcionários da administração; controle de entrada e saída de pessoas fora do horário ao público; contratação de funcionários para segurança. A

análise dos resultados revelou uma provável deficiência dos modelos anteriores de QFD desenvolvidos para o setor de serviço. Uma delas foi a não inclusão dos princípios do marketing de relacionamento, pois ações visando estreitar o relacionamento entre cliente e fornecedor não eram incorporadas no plano de ação. Sendo assim, o QFD corrigiu essa deficiência.

O trabalho de Oliveira et al. (2000) apresenta uma proposta de integração do método QFD e de técnicas estatísticas de planejamento e análise de experimentos, visando à melhoria dos resultados obtidos no desenvolvimento de produtos, em especial na etapa do projeto do produto e do processo. A proposta foi aplicada em uma empresa do setor alimentício que enfrentava dificuldades no desenvolvimento de um determinado produto, principalmente à obtenção de informações. Alguns benefícios observados pelos autores com a implantação do QFD foram: maior confiança da equipe nos resultados obtidos e nas decisões tomadas; alcance das metas de prazo e de qualidade do projeto; maior interação entre as áreas de P&D e *Marketing*; maior extração de informações das pesquisas de mercado.

2.2.5 QFD – Aplicações na Agropecuária

Para Lemos e Anzanello (2005), o QFD se mostrou uma ferramenta extremamente útil no desdobramento e priorização de todas as etapas de fabricação do peru natalino, conciliando o desenvolvimento do produto com as necessidades do cliente e a capacidade da empresa. A elaboração de planos de melhorias para os pontos críticos viabiliza a produção, sendo que a aprimoramento das atividades vinculadas ao setor de temperos foi identificada primordial para o crescimento da empresa.

Marcos e Jorge (2002), em sua pesquisa com planejamento da qualidade de tomate de mesa em uma rede de supermercados, utilizou o QFD para o desdobramento da qualidade no setor de pós colheita do produto. Concluíram que para se alcançar a qualidade exigida pelo cliente, os insumos humanos representaram mais de 50% do total envolvido, evidenciando que na área de hortaliças *“in natura”* o trabalho humano é

imprescindível para atingir a qualidade. O método foi ainda bastante efetivo na questão das perdas, uma vez que se evitou que produto de má qualidade chegasse à banca.

Em uma pesquisa realizada com o objetivo de identificar o perfil dos consumidores de abacaxi quanto às suas preferências e exigências, Miguel et al. (2007) utilizaram o QFD e concluíram que o método foi efetivo, pois o produto com as prioridades técnicas definidas pelos clientes teve ótima aceitação, possuindo notas satisfatórias nos indicadores selecionados.

Barros (2001) utilizou o QFD para definição das prioridades técnicas de preparo de solo para mudas de *Eucalyptus spp.*, tendo a largura do sulco como maior peso entre os indicadores estudados. No entanto o indicador profundidade do sulco, quando controlado, tem influência sobre a largura do sulco. Ou seja, a qualidade será definida pela profundidade de sulco.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido na Usina Da Barra, pertencente ao grupo COSAN sediada no município de Barra Bonita, estado de São Paulo, com latitude de 22°29' e longitude de 48°33', com altitude de 457 metros. Durante a safra 2008/2009, a Usina processou 7,37 milhões de toneladas de cana-de-açúcar, tendo como principais produtos o álcool, o açúcar e a energia elétrica gerada a partir da queima do bagaço da cana. Aproximadamente 39% do total processado foi colhido mecanicamente.

Para realizar o planejamento da colheita a partir das necessidades da empresa e considerando-se a influência das operações anteriores no processo, utilizou-se a função desdobramento da qualidade (QFD), conforme a proposta de Govers (1996) e Cheng e Melo Filho (2007). O método permite o planejamento a partir dos requisitos e necessidades dos clientes, traduzindo-os em características técnicas. No presente caso, o produto a ser planejado foi a colheita mecanizada e considerou-se como cliente a Usina, empresa, que se utiliza do produto colheita.

3.1 Casa da Qualidade

Definido o produto, colheita mecanizada, e o cliente, Usina, a próxima etapa foi formar uma equipe para desenvolver o projeto. A equipe foi formada pelo responsável da pesquisa, na função de facilitador e orientador da técnica, e de técnicos funcionários da Usina. Os técnicos foram representados por dois Engenheiros Agrônomos e dois Engenheiros Agrícolas que atuam em diferentes setores da empresa, vinculados diretamente ou indiretamente à colheita. As áreas de trabalho desses técnicos envolvem o preparo de solo, o plantio, os tratamentos culturais e a colheita mecanizada. Essa equipe foi a responsável pela montagem da “casa da qualidade”, e devido a sua experiência profissional na área atuou para definir as prioridades do cliente, Usina, em relação à qualidade da colheita. Esse formato é uma adaptação do método, e está baseado no fato de que a equipe possui o conhecimento tanto da parte técnica como das necessidades da Usina.

Após a formação da equipe, iniciou-se o desenvolvimento da “casa da qualidade”, Figura 6. O desenvolvimento foi realizado seguindo 12 etapas: qualidade exigida (1)¹; grau de importância (2); avaliação comparativa (3); plano de melhoria (4); índice de melhoria (5); argumento técnico (6); peso absoluto (7); peso relativo (8); requisitos técnicos (9); matriz de relações (10); qualidade projetada (11) e matriz de correlações (12).

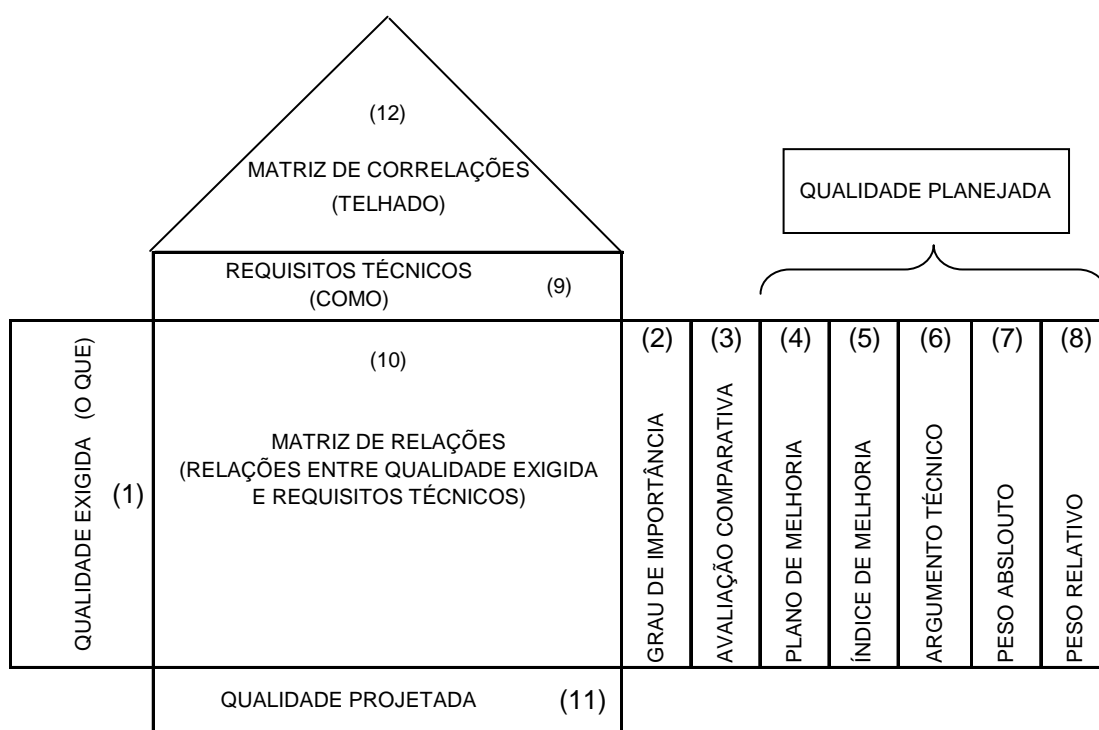


Figura 6 – Casa da Qualidade

3.1.1 Qualidade Exigida – O Que (QE)

A qualidade exigida (1), também denominada de “o que”, é a descrição das qualidades que o produto/serviço deve conter, expressa na linguagem do cliente que é geralmente subjetiva. Para se obter essa descrição realizou-se a pergunta: “O que é uma boa colheita mecanizada de cana-de-açúcar?”. As respostas obtidas a essa

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

questão foram agrupadas em itens similares com base no diagrama de afinidades, Figura 7.

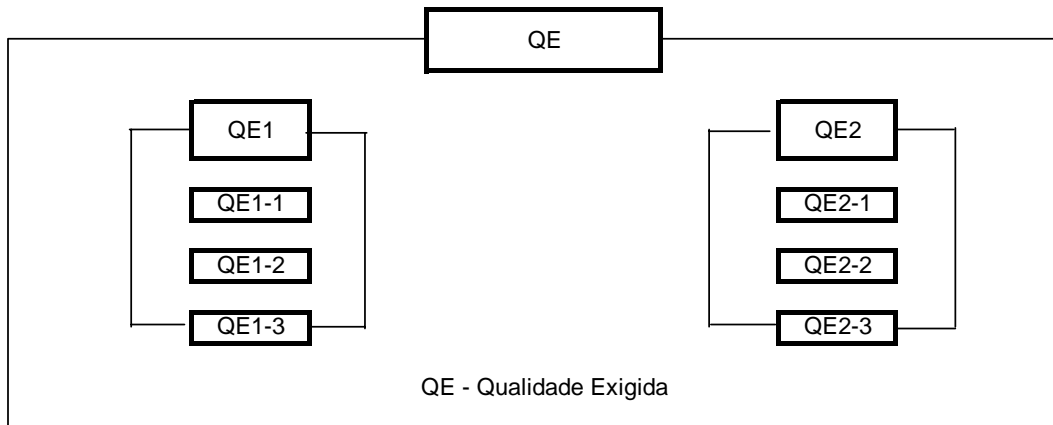


Figura 7 – Diagrama de afinidades (adaptado de DELLARETI FILHO, 1996)

Após o agrupamento, a equipe realizou o desdobramento em níveis sucessivos de detalhamento, utilizando-se o diagrama de árvore, Figura 8.

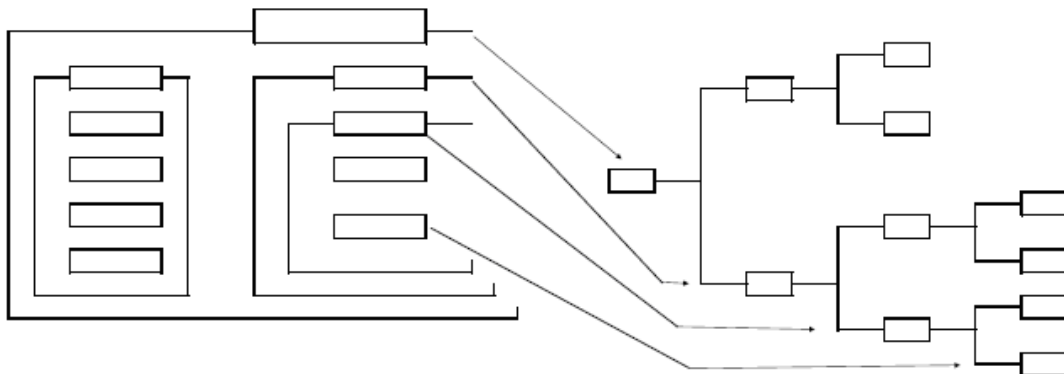


Figura 8 – Diagrama de afinidade e de árvore (adaptado de DELLARETI FILHO, 1996)

Realizado o agrupamento e o desdobramento, tem-se a representação estruturada das necessidades dos clientes.

3.1.2 Grau de Importância (GI)

O grau de importância (2) reflete a percepção que os clientes tem dos produtos existentes. No presente caso a equipe atribuiu uma nota para cada item da qualidade exigida, de acordo com a escala apresentada na Tabela 3.

Tabela 3 – Grau de importância dos itens da qualidade exigida avaliados

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

O valor final utilizado foi definido pela moda estatística dos valores atribuídos pela equipe. Em caso de empate utilizou-se a média, sendo o valor escolhido o mais próximo às notas permitidas para a avaliação. Esse critério de atribuição de valores será utilizado ao longo do trabalho sempre que houver a necessidade.

3.1.3 Avaliação Comparativa (AC)

A avaliação comparativa (3) mede a percepção que o cliente tem dos produtos existentes. Ela é medida pela avaliação do desempenho do produto atual da empresa e dos concorrentes. No presente caso a equipe definiu outra Usina, “referência”, para ser utilizada na comparação com a colheita mecanizada atual. Os valores utilizados nessa avaliação são apresentados na Tabela 4. Para a decisão sobre o valor a ser empregado utilizou-se o critério apresentado no item 3.1.2.

Tabela 4 – Grau de satisfação dos itens da qualidade exigida avaliados

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

3.1.4 Plano de Melhoria (PM)

O plano de melhoria (4) consiste na decisão sobre a avaliação que se pretende obter dos clientes, após o lançamento do produto no mercado. Ele é determinado analisando-se os valores atribuídos pelos clientes na avaliação comparativa e no grau de importância. Para tanto, 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. Para a decisão sobre o valor a ser empregado, utilizou-se o critério apresentado no item 3.1.2.

3.1.5 Índice de Melhoria (IM)

O índice de melhoria (5) reflete quantas vezes o produto precisa melhorar seu desempenho em relação à avaliação atual. Ele é a razão entre o plano de melhoria e a avaliação comparativa da empresa, de acordo com a equação 1.

$$IMi = \frac{PMi}{ACi} \quad (1)$$

Em que:

IMi = índice de melhoria para a qualidade exigida i;

PMi = plano de melhoria para a qualidade exigida i;

ACi = avaliação comparativa obtida pela empresa para a qualidade exigida i.

3.1.6 Argumento Técnico (AT)

O argumento técnico (6) é também denominado argumento de venda. Ele é um coeficiente que é aplicado para ressaltar um ou mais itens da qualidade exigida, os benefícios estratégicos do produto. Define-se o argumento técnico em função de que, se a qualidade desse item for garantida, o item pode contribuir para o sucesso da operação. Os valores utilizados para o argumento técnico encontram-se na Tabela 5. Para selecionar o valor a ser utilizado, considerou-se o critério do item 3.1.2.

Tabela 5 – Valores do argumento técnico

Peso	Argumento Técnico
1,0	neutro
1,2	comum
1,5	especial

3.1.7 Peso Absoluto (PA)

O peso absoluto (7) representa a prioridade de atendimento de cada requisito sob a lógica de que os esforços de melhoria devem ser concentrados em três pontos: nos requisitos mais importantes, nos requisitos que estão em consonância com a estratégia da empresa e nos requisitos que a empresa precisa melhorar. Ele é obtido por meio da eq. 2.

$$PA_i = G_{li}IM_iAT_i \quad (2)$$

Em que:

PA_i = peso absoluto obtido para a qualidade exigida i;

G_{li} = grau de importância para a qualidade exigida i;

IM_i = índice de melhoria para a qualidade exigida i;

AT_i = argumento técnico para a qualidade exigida i.

3.1.8 Peso Relativo (PR)

O peso relativo (8) expressa, em porcentagem, a importância de cada item da qualidade exigida. Ele é calculado pela eq. 3.

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

Em que:

PR_i = peso relativo obtido para a qualidade exigida i;

n = número de itens da qualidade exigida.

O plano de melhoria, o índice de melhoria, o argumento técnico, os pesos absoluto e o relativo referem-se à qualidade planejada.

3.1.9 Requisitos Técnicos – Como (RT)

Os requisitos técnicos (9) referem-se às características da qualidade que podem ser medidas no produto final para se avaliar o atendimento às exigências do cliente. Para cada item da qualidade exigida foram extraídos, pela equipe, os requisitos técnicos que podem ser medidos no produto final, de acordo com esquema apresentado na Figura 9. Segundo Mazur et al. (1990), cada item da qualidade exigida deve ter pelo menos um requisito técnico.

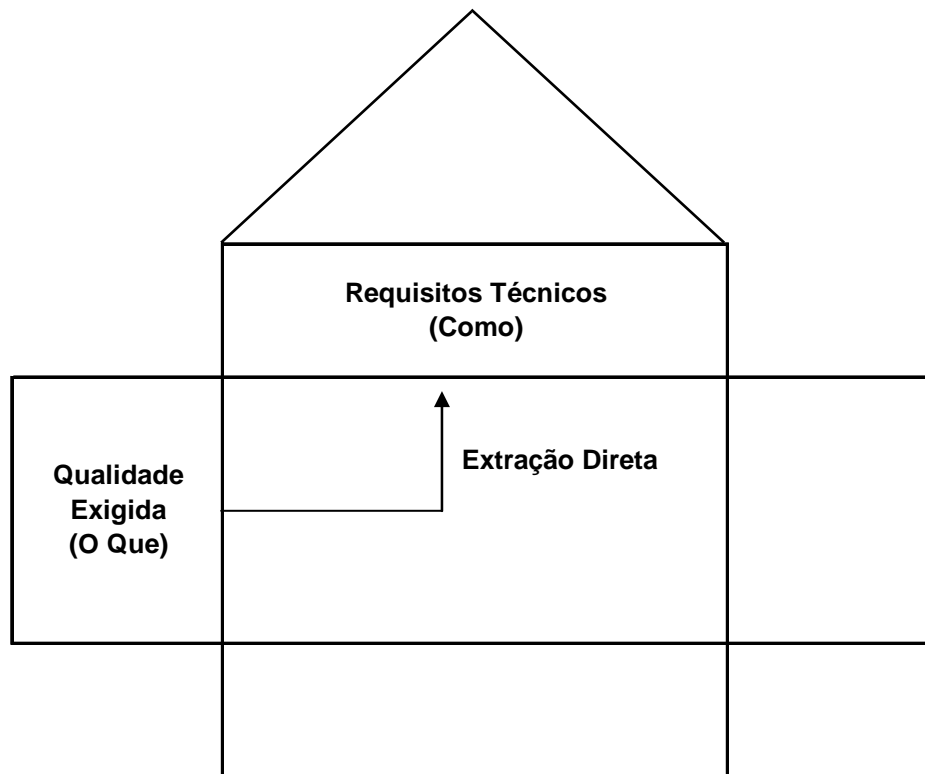


Figura 9 – Obtenção dos requisitos técnicos a partir da qualidade exigida

Os requisitos técnicos foram definidos em consenso pela equipe técnica.

3.1.10 Matriz de Relações (MR)

A matriz de relações (10) expressa a intensidade que um item da qualidade exigida se relaciona com o requisito técnico. As intensidades variam, podendo ter relações forte, média, fraca ou não ter relações (inexistente), cada qual com seu valor, conforme apresentado na Tabela 6. A definição da intensidade de relação foi realizada pela equipe técnica.

Tabela 6 – Valores para identificar a intensidade das relações entre qualidade exigida e requisitos técnicos

Relações	Forte	Média	Fraca	Inexistente
Valor	9	3	1	0
Símbolo	●	◐	○	-

Para a decisão sobre o valor a ser empregado utilizou-se o critério apresentado no tem 3.1.2.

Estabelecidas as relações entre todos os elementos da matriz, qualidade exigida versus requisitos técnicos, multiplicou-se o valor de cada relação pelo respectivo peso relativo da qualidade exigida. Assim, para cada célula da matriz das relações fica atribuído um valor. Esse processo de conversão significa transferir o peso relativo da qualidade exigida para as características da qualidade.

3.1.11 Qualidade Projetada

Para estabelecer a qualidade projetada (11) primeiramente calculou-se o peso absoluto de cada requisito técnico por meio da soma dos valores de cada coluna referente aos requisitos técnicos. A seguir obteve-se a somatória dos pesos absolutos e calculou-se o peso relativo em um processo semelhante ao da qualidade exigida.

Obtido os valores, a equipe técnica atribuiu para cada item do requisito os valores atuais. Com base nos valores atuais, a equipe definiu para os itens de maior importância, os valores a serem alcançados pela Usina, denominados de qualidade projetada.

3.1.12 Matriz de Correlações (MC)

A matriz de correlações (12) é o teto da "casa da qualidade". Esta matriz cruza as características de qualidade entre si, permitindo identificar como elas se relacionam. Estas relações podem ser de apoio mútuo — quando o desempenho favorável de uma característica ajuda a outra característica, ou de conflito — quando o desempenho favorável de uma característica prejudica o desempenho da outra característica,

indicando os graus de interdependência. Os pesos considerados para essas correlações foram: forte, média e fraca, conforme Tabela 7.

Tabela 7 – Valores para identificar a intensidade das correlações requisitos técnicos versus requisitos técnicos

Relações	Forte	Média	Fraca	Inexistente
Valor	9	3	1	0
Símbolo	●	◐	○	-

Para a decisão sobre o valor a ser empregado utilizou-se o critério apresentado no item 3.1.2.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A “casa da qualidade”, que representa a sistematização do planejamento da colheita mecanizada, é apresentada no Anexo 1. Os resultados referentes à matriz foram divididos em etapas: qualidade exigida; grau de importância; avaliação comparativa; qualidade planejada composta pelo plano de melhoria, argumento técnico, peso absoluto e relativo; requisitos técnicos; matriz de relação; qualidade projetada; matriz de correlação.

4.1 Qualidade Exigida

A qualidade exigida (o que) descreve as qualidades que o produto/serviço deve conter na linguagem do cliente, de maneira subjetiva e não mensuráveis. O primeiro nível foi composto por seis itens: colheita em áreas preparadas; bom planejamento de colheita; alta eficiência do sistema mecanizado; boa logística do transporte; boa qualidade na operação de colheita; baixo custo. No segundo nível esses itens foram desdobrados em trinta e nove outros, apresentados na Tabela 8.

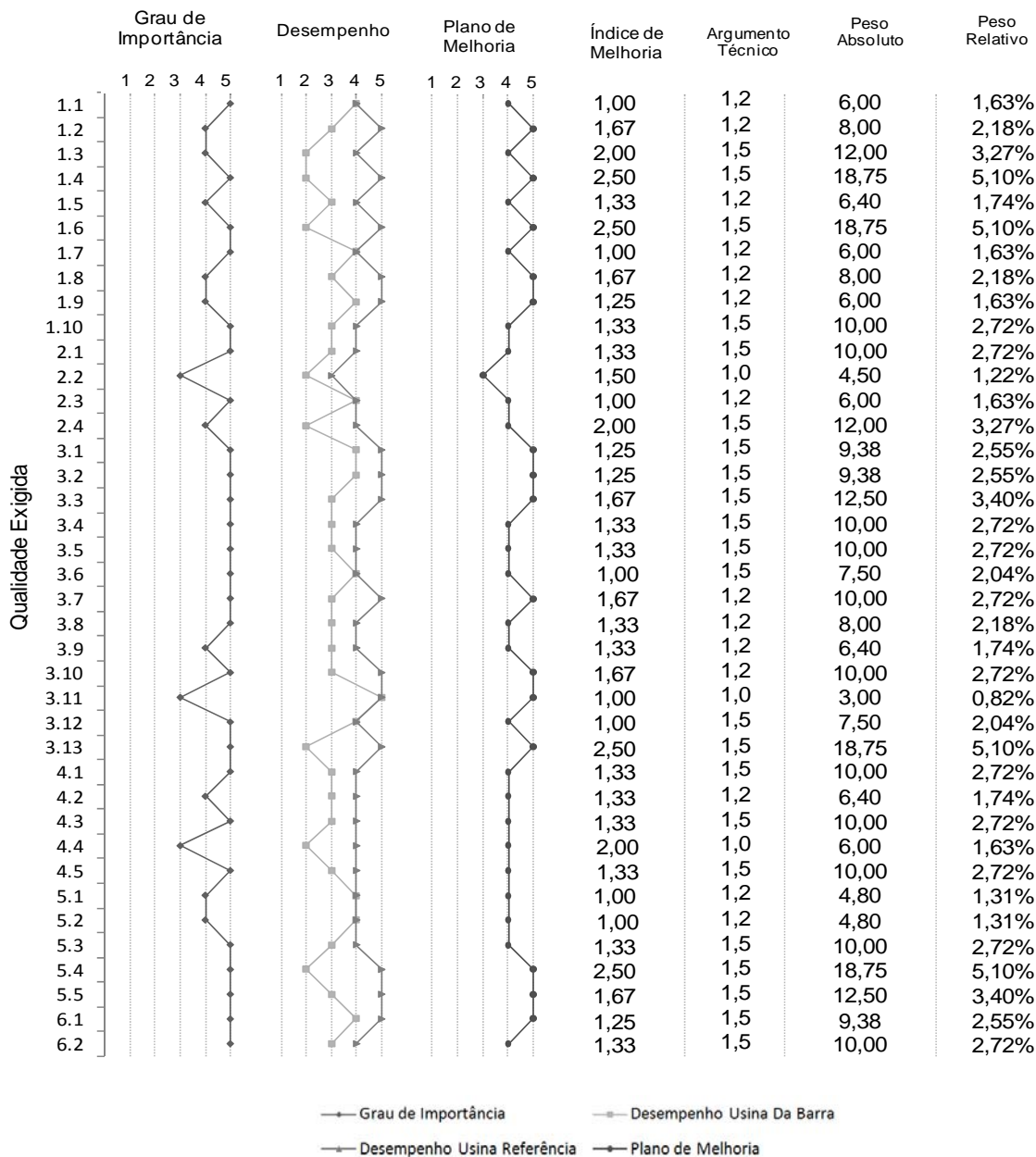
Tabela 8 - Itens da qualidade exigida do processo de colheita mecanizada de cana-de-açúcar

1. Colheita em áreas preparadas	1.1 Baixa declividade
	1.2 Sem obstáculos no talhão (árvores, postes)
	1.3 Poucas curvas de níveis
	1.4 Não ter "ruas mortas"
	1.5 Carreadores não "emballados"
	1.6 Área de colheita limpa (sem tocos, raízes, pedras)
	1.7 Não ter torrões na linha da cultura
	1.8 Espaçamento adequado e uniforme
	1.9 Fileiras e entre fileiras bem nivelados (quebra lombo)
	1.10 Minimizar número de manobras
2. Bom planejamento da colheita	2.1 Colher em blocos grandes e contínuos (adequar época de colheita)
	2.2 Evitar colher em áreas com canavial acamado
	2.3 Maximizar área colhida mecanicamente
	2.4 Incluir áreas de fornecedores no planejamento
3. Alta eficiência do sistema mecanizado	3.1 Máquinas em boas condições de uso
	3.2 Operadores bem treinados
	3.3 Mecânicos capacitados
	3.4 Peças de reposição de boa qualidade
	3.5 Rapidez na disponibilidade de peças
	3.6 Manutenção preventiva
	3.7 Agilidade nas manobras
	3.8 Aproveitar paradas de abastecimento para manutenções preventivas
	3.9 Deslocar colhedoras entre talhões próximos
	3.10 Otimizar mudança de área
4. Boa logística no transporte	3.11 Não parar máquinas em horários de refeição
	3.12 Número adequado de transbordos por colhedoras
	3.13 Boa comunicação entre operadores de transbordos/colhedoras
	4.1 Número adequado de caminhões e semi reboques
	4.2 Caminhões em boas condições de uso
5. Boa qualidade na operação de colheita	4.3 Manter carreadores em condições adequadas
	4.4 Ter um local estratégico para manutenções
	4.5 Pontos de transferência de carga bem distribuídos
	5.1 Perder pouca matéria-prima no campo
	5.2 Entregar matéria-prima limpa para indústria
6. Baixo custo	5.3 Ter pouca compactação no solo
	5.4 Não pisotear fileiras de plantas
	5.5 Não arrancar soqueiras
	6.1 Baixo consumo de combustível da colhedora
	6.2 Baixo custo de manutenção

Observa-se na Tabela 8 que dos 39 itens referentes ao segundo nível, 13 itens (33,33%) estão ligados ao item do nível 1, alta eficiência do sistema mecanizado e 10 itens (25,64%) à colheita em áreas preparadas.

4.2 Qualidade Planejada

Os itens da qualidade exigida para a colheita mecanizada foram classificados pela equipe, no papel de clientes, de acordo com o grau de importância, comparados com a Usina referência. Com base nesses dois itens estabeleceu-se a qualidade planejada, Figura 10.



Em que: 1.1 Baixa declividade; 1.2 Sem obstáculos no talhão (árvores, postes); 1.3 Poucas curvas de níveis; 1.4 Não ter "ruas mortas"; 1.5 Carreadores não "embaulados"; 1.6 Área de colheita limpa (sem tocos, raízes, pedras); 1.7 Não ter torrões na linha da cultura; 1.8 Espaçamento adequado e uniforme; 1.9 Fileiras e entre fileiras bem nivelados (quebra lombo); 1.10 Minimizar número de manobras; 2.1 Colher em blocos grandes e contínuos (adequar época de colheita); 2.2 Evitar colher em áreas com canavial acamado; 2.3 Maximizar área colhida mecanicamente; 2.4 Incluir áreas de fornecedores no planejamento; 3.1 Máquinas em boas condições de uso; 3.2 Operadores bem treinados; 3.3 Mecânicos capacitados; 3.4 Peças de reposição de boa qualidade; 3.5 Rapidez na disponibilidade de peça; 3.6 Manutenção preventiva; 3.7 Agilidade nas manobras; 3.8 Aproveitar paradas de abastecimento para manutenções preventivas; 3.9 Deslocar colhedoras entre talhões próximos; 3.10 Otimizar mudança de área; 3.11 Não parar máquinas em horários de refeição; 3.12 Número adequado de transbordos por colhedoras; 3.13 Boa comunicação entre operadores de transb./colh.; 4.1 Número adequado de caminhões e semi reboques; 4.2 Caminhões em boas condições de uso; 4.3 Manter carreadores em condições adequadas; 4.4 Ter um local estratégico para manutenções; 4.5 Pontos de transferência de carga bem distribuídos; 5.1 Perder pouca matéria-prima no campo; 5.2 Entregar matéria-prima limpa para indústria; 5.3 Ter pouca compactação no solo; 5.4 Não pisotear fileiras de plantas; 5.5 Não arrancar soqueiras; 6.1 Baixo consumo de combustível da colhedora; 6.2 Baixo custo de manutenção.

Figura 10 - Qualidade exigida, grau de importância, avaliação comparativa do desempenho da Usina Da Barra e da Usina de referência, plano de melhoria e argumento técnico

Na Figura 10 são apresentados os resultados referentes ao grau de importância, avaliação comparativa e qualidade planejada. A qualidade planejada compreende o plano de melhoria, que é a avaliação que se pretende obter da Usina do processo de colheita, o índice de melhoria, que expressa quantas vezes a colheita precisa melhorar o seu desempenho em relação a avaliação atual e o argumento técnico, coeficiente que é aplicado para ressaltar um ou mais itens da qualidade exigida. A partir do grau de importância, índice de melhoria e argumento técnico calculou-se para cada item da qualidade exigida os pesos absoluto e relativo. Os resultados de cada etapa apresentada para a obtenção da qualidade planejada serão discutidos, tendo como base a Figura 10.

4.2.1 Grau de Importância

De acordo com a percepção da equipe (clientes), dos 39 itens descritos da qualidade exigida, 26 itens (66,66%) apresentaram grau “muito importante”, 10 itens (25,64%) apresentaram grau “importante”. Essas duas classificações representaram 92,30% do total. Dentre os itens correspondentes ao primeiro nível da qualidade exigida, os que mais obtiveram a classificação “muito importante” foram o “baixo custo” (composto por 2 itens) com 100% de indicações e a “alta eficiência do sistema mecanizado” (composto por 13 itens) com 84,61%.

4.2.2 Avaliação Comparativa

A equipe, que nessa etapa representou o cliente da colheita, classificou comparativamente o desempenho da Usina Da Barra e a Usina referência frente aos itens da qualidade exigida. Dos 39 itens avaliados, a Usina referência obteve maior nota em 31 deles (79,49%), com 8 notas iguais (20,51%). Em nenhum item a Usina Da Barra teve maior nota na comparação com a referência. Esses resultados indicam que existe um potencial de melhoria no processo de colheita da Usina Da Barra.

4.2.3 Plano de Melhoria

A partir do conhecimento da equipe sobre a capacidade de execução do processo de colheita mecanizada, dos objetivos da empresa e com base nos resultados da avaliação comparativa, a equipe desenvolveu o plano de melhoria. Dos 39 itens, 15 (38,46%) apresentaram valor máximo do plano, nota 5; 23 itens (58,97%) receberam nota 4. Apenas o item 2.2 “evitar colher em canavial acamado” recebeu valor 3.

4.2.4 Índice de Melhoria

O índice de melhoria, calculado como a razão entre o plano de melhoria e a avaliação comparativa da empresa, expressa quantas vezes o índice obtido na avaliação precisa ser melhorado. Dos 39 itens, sete (4,60%) apresentaram índice de melhoria igual ou maior a 2: 1.4 Não ter "ruas mortas"; 1.6 Área de colheita limpa (sem tocos, raízes, pedras); 3.13 Boa comunicação entre operadores de transbordos/colhedoras; 5.4 Não pisotear fileiras de plantas; 1.3 Poucas curvas de níveis; 2.4 Incluir áreas de fornecedores no planejamento; 4.4 Ter um local estratégico para manutenções.

4.2.5 Argumento Técnico

O coeficiente referente ao argumento técnico é aplicado aos itens que a equipe considera importante para o sucesso da operação. Dos 39 itens, 22 (56,41%) receberam o valor 1,5 e são considerados como itens especiais para a colheita; 14 (35,89%) foram considerados comuns com peso 1,2 e o restante dos itens foi considerado neutro.

4.2.6 Pesos absoluto e relativo

Com base no grau de importância, no índice de melhoria e no argumento técnico, calcularam-se os pesos absoluto e relativo. O peso relativo define a ordem de importância de cada item da qualidade exigida e junto com o plano de melhoria, índice de melhoria, argumento técnico e peso absoluto constitui a qualidade planejada.

Na Figura 11 apresentam-se os pesos relativos obtidos para cada item e isso reflete a importância que cada um desses tem para a colheita mecanizada de cana de açúcar.

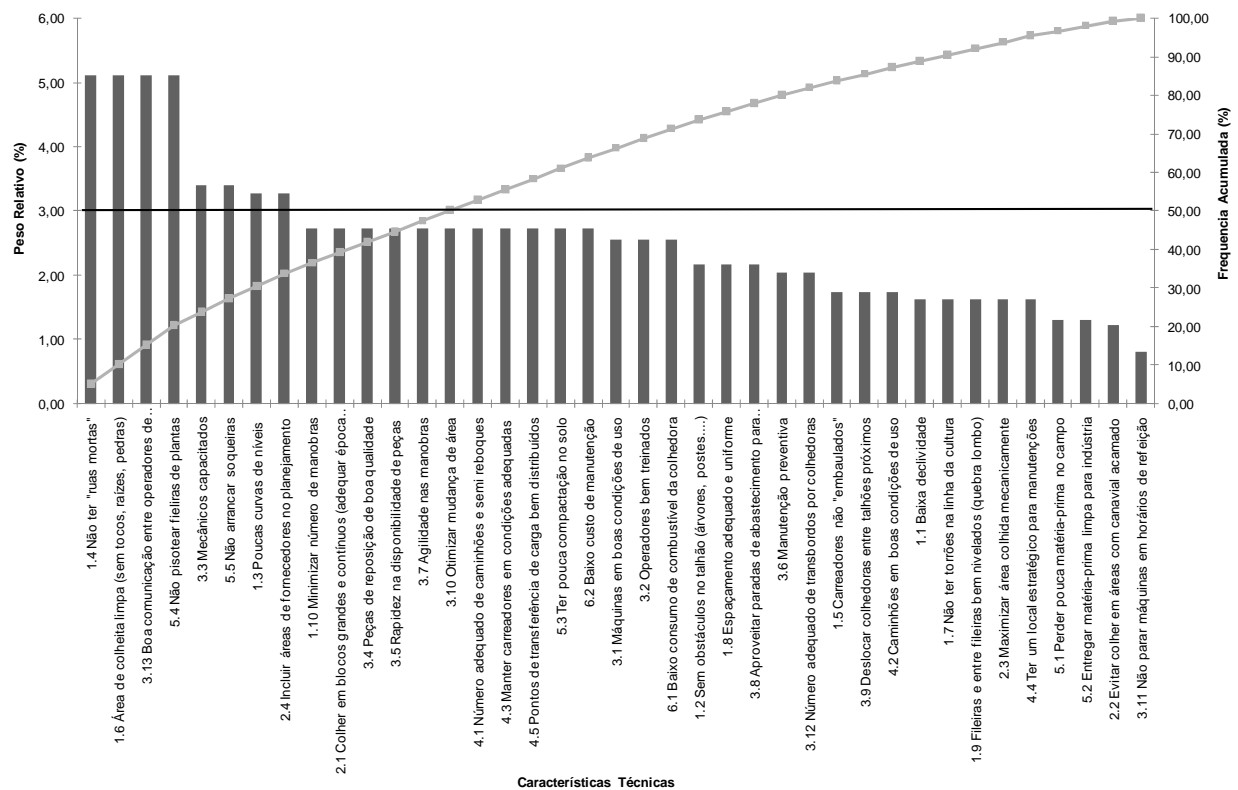


Figura 11 – Peso relativo dos itens da qualidade exigida

Dos 39 itens, 14 são responsáveis por 50% do peso relativo e os outros 25 pela outra metade. Os principais itens da qualidade exigida são: 1.4 Não ter "ruas mortas"; 1.6 Área de colheita limpa (sem tocos, raízes, pedras); 3.13 Boa comunicação entre operadores de transbordos/colhedoras; 5.4 Não pisotear fileiras de plantas. Esses 4

itens são responsáveis por 20,40% do valor acumulado do peso relativo. É importante destacar que o peso relativo reflete a percepção do cliente (grau de importância), a comparação com uma colheita mecanizada que foi estabelecida como referência, um valor que se deseja alcançar, plano de melhoria e um índice que reflete a importância do item para o sucesso da colheita, argumento técnico.

Na Figura 12 apresenta-se a distribuição dos pesos relativos de acordo com a classificação do primeiro nível da qualidade exigida pelo cliente.

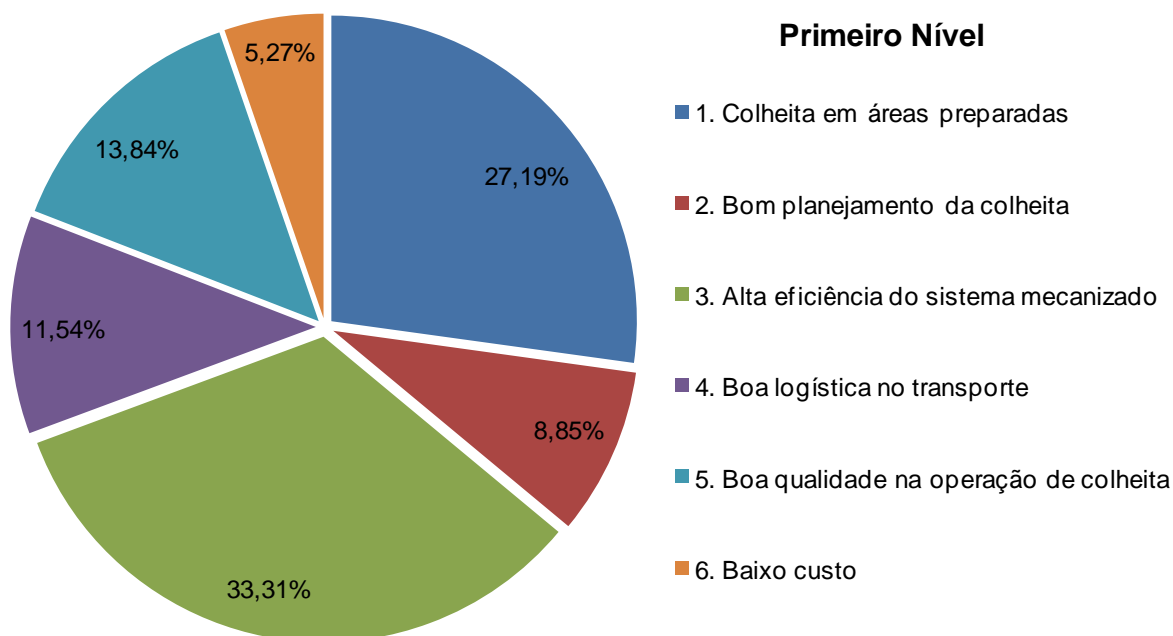
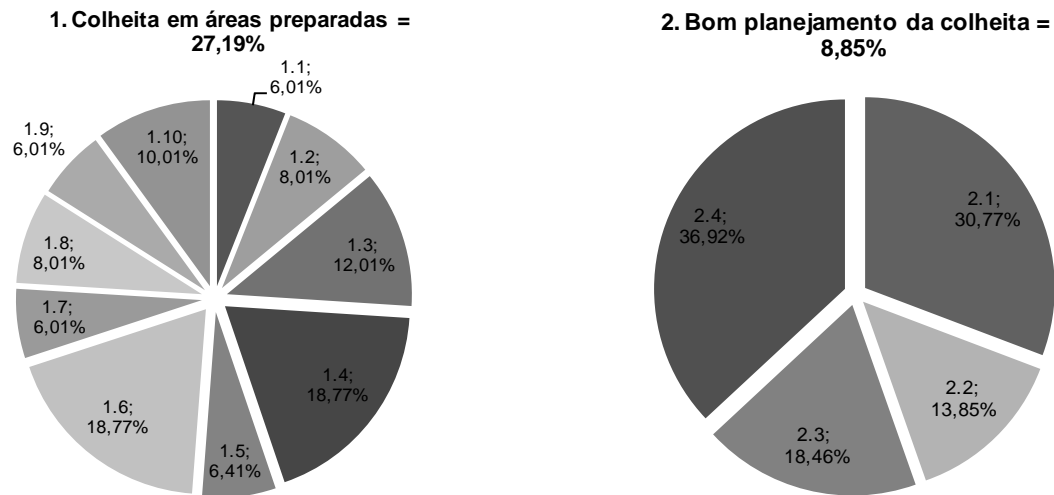


Figura 12 – Peso relativo dos primeiros níveis da qualidade exigida

Na Figura 12 pode-se observar que o item correspondente ao primeiro nível da qualidade exigida, alta eficiência do sistema mecanizado, composto de 13 itens no segundo nível (33,33% do total), obteve 33,31% do peso relativo. O item colheita em áreas preparadas, que tem 10 itens no segundo nível (25,64%) obteve 27,19% do peso relativo. Os resultados mostraram uma distribuição equivalente entre percentual de itens contidos no primeiro nível e a soma do peso relativo obtido nesse nível.

As distribuições do peso relativo em cada item do primeiro nível são apresentadas nas Figuras 13, 14 e 15.

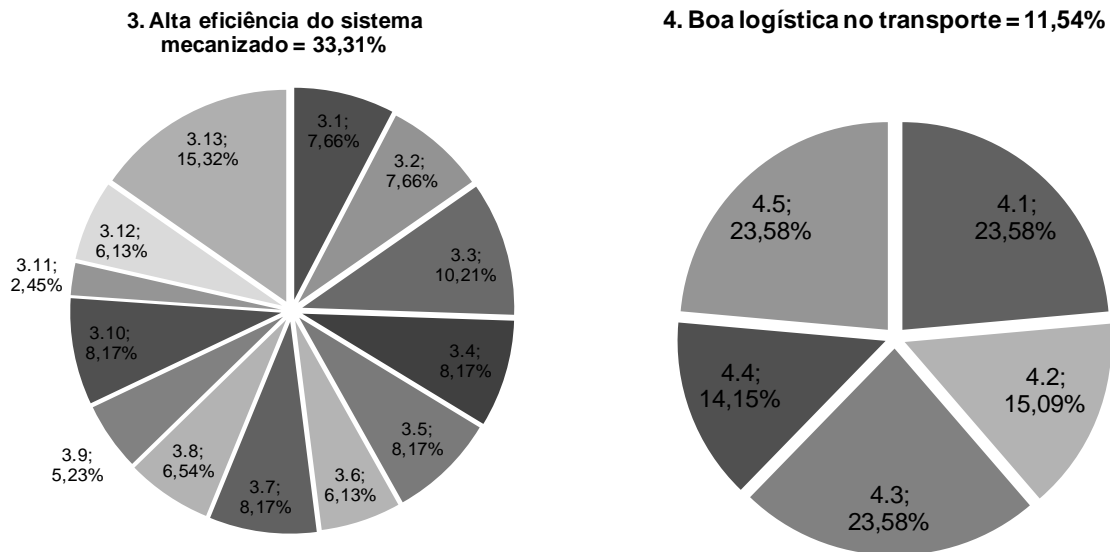


Legenda: 1.1 Baixa declividade; 1.2 Sem obstáculos no talhão (árvores, postes); 1.3 Poucas curvas de níveis; 1.4 Não ter "ruas mortas"; 1.5 Carreadores não "embaulados"; 1.6 Área de colheita limpa (sem tocos, raízes, pedras); 1.7 Não ter torrões na linha da cultura; 1.8 Espaçamento adequado e uniforme; 1.9 Fileiras e entre fileiras bem nivelados (quebra lombo); 1.10 Minimizar número de manobras

Legenda: 2.1 Colher em blocos grandes e contínuos (adequar época de colheita); 2.2 Evitar colher em áreas com canavia acamado; 2.3 Maximizar área colhida mecanicamente; 2.4 Incluir áreas de fornecedores no planejamento

Figura 13 – Distribuição do peso relativo de acordo com os itens que compõem o primeiro nível da qualidade exigida: 1. Colheita mecanizada em áreas preparadas; 2. Bom planejamento da colheita

Para o item correspondente ao primeiro nível, colheita em áreas preparadas (1), que representa 27,19% dos pesos relativos, os itens mais importante do segundo nível são "não ter ruas mortas" e "área de colheita limpa", com 18,77% respectivamente. Para o bom planejamento da colheita (2), o mais importante é "incluir áreas de fornecedores para o planejamento", com 36,92% dos 8,85% dos itens do segundo nível da qualidade exigida.



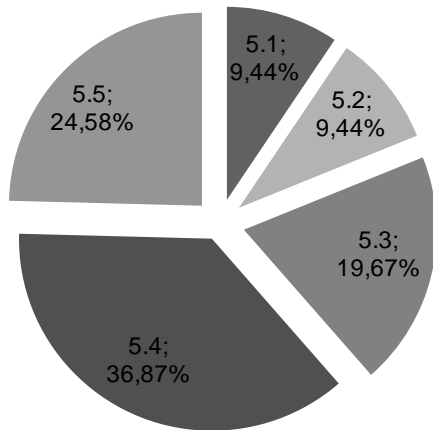
Legenda: 3.1 Máquinas em boas condições de uso; 3.2 Operadores bem treinados; 3.3 Mecânicos capacitados; 3.4 Peças de reposição de boa qualidade; 3.5 Rapidez na disponibilidade de peças; 3.6 Manutenção preventiva; 3.7 Agilidade nas manobras; 3.8 Aproveitar paradas de abastecimento para manutenções preventivas; 3.9 Deslocar colhedoras entre talhões próximos; 3.10 Otimizar mudança de área; 3.11 Não parar máquinas em horários de refeição; 3.12 Número adequado de transbordos por colhedoras; 3.13 Boa comunicação entre operadores de transbordos/ colhedoras

Legenda: 4.1 Número adequado de caminhões e semi reboques; 4.2 Caminhões em boas condições de uso; 4.3 Manter carregadores em condições adequadas; 4.4 Ter um local estratégico para manutenções; 4.5 Pontos de transferência de carga bem distribuídos

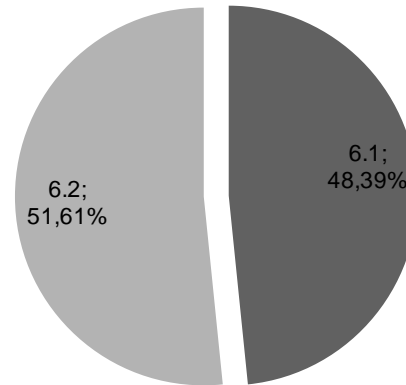
Figura 14 – Distribuição do peso relativo de acordo com os itens que compõem o primeiro nível da qualidade exigida: 3. Alta eficiência do sistema mecanizado; 4. Boa logística do transporte

Para a alta eficiência do sistema mecanizado (3), o mais importante é a “boa comunicação entre operadores de transbordo/colhedoras” (item 3.13, com 15,32%), enquanto que para boa logística de transporte (4) os itens mais importantes foram “número adequado de caminhões e semi-reboques” (4.1), “manter carregadores em boas condições de uso” (4.3) e “ponto de transferência de cargas bem distribuídos” (4.5), todos com a mesma proporção dentro do nível: 23,58%.

5. Boa qualidade na operação de colheita = 13,84%



6. Baixo custo = 5,27%



Legenda: 5.1 Perder pouca matéria-prima no campo; 5.2 Entregar matéria-prima limpa para indústria; 5.3 Ter pouca compactação no solo; 5.4 Não pisotear fileiras de plantas; 5.5 Não arrancar soqueiras

Legenda: 6.1 Baixo consumo de combustível da colhedora; 6.2 Baixo custo de manutenção

Figura 15 - Distribuição do peso relativo de acordo com os itens que compõem o primeiro nível da qualidade exigida: 5. Boa qualidade na operação de colheita; 6. Baixo custo

Para boa qualidade na operação de colheita (5), e baixo custo (6), os itens mais importantes foram “não pisotear fileiras de plantas” (5.4) e baixo custo de manutenção (6.2) respectivamente.

4.3 Matriz de Relações

Para construir a matriz de relações, identificar o grau de influência ou interferência, a primeira providência é definir os requisitos técnicos referentes às características da qualidade que podem ser medidas na colheita mecanizada para avaliar o atendimento às exigências da Usina. A equipe definiu 37 requisitos técnicos para atender a colheita mecanizada, apresentados na Tabela 9.

Tabela 9 - Requisitos técnicos da qualidade exigida

1	% de declive da área
2	Nº de árvores e postes / ha
3	Capacidade de processamento (t/dia)
4	Nº de terraços / ha
5	Comprimento da fileira colhida (m)
6	Ton colhida/ nº de faquinhas utilizadas
7	Matéria estranha mineral (kg de terra/t)
8	Diâmetro médio de torrões (cm)
9	Distância entre fileiras de cana (m)
10	Quantidade de solo na base da cana (cm)
11	Nº de manobras / ha
12	Ângulo de acamamento da cana (º)
13	Nº de mudanças de área/ mês
14	Horas / ano de treinamento de operadores
15	Horas / ano de treinamento de mecânicos
16	Tempo perdido com máquina quebrada (h)
17	Tempo perdido com espera de peças (h)
18	Nº de lojas próximas à usina de assistência técnica às máquinas
19	Tempo de manobra (seg)
20	Tempo perdido com deslocamento da colhedora em movimento (h)
21	Tempo da colhedora efetivamente em operação (h)
22	Tempo perdido com falta de transbordo (h)
23	Relação transbordo/colhedora
24	Capacidade do transbordo (t)
25	Tempo perdido com falta de caminhões (h)
26	Tempo de ciclo dos caminhões (min)
27	Distância de transferência de carga do transbordo para o caminhão (m)
28	Distância do local de colheita para usina (km)
29	Altura do corte de base (cm)
30	RPM do extrator primário
31	Tamanho dos toletes (cm)
32	Arranquio de soqueira (kg/ha)
33	Índice de pisoteio (%)
34	Matéria estranha vegetal (%)
35	Produtividade do canavial (t/ha)
36	Consumo de combustível (l/t de cana colhida)
37	R\$ de manutenção/máquina

Com base nos requisitos técnicos e nos itens da qualidade exigida, foi desenvolvida a matriz de relações, Figura 16.

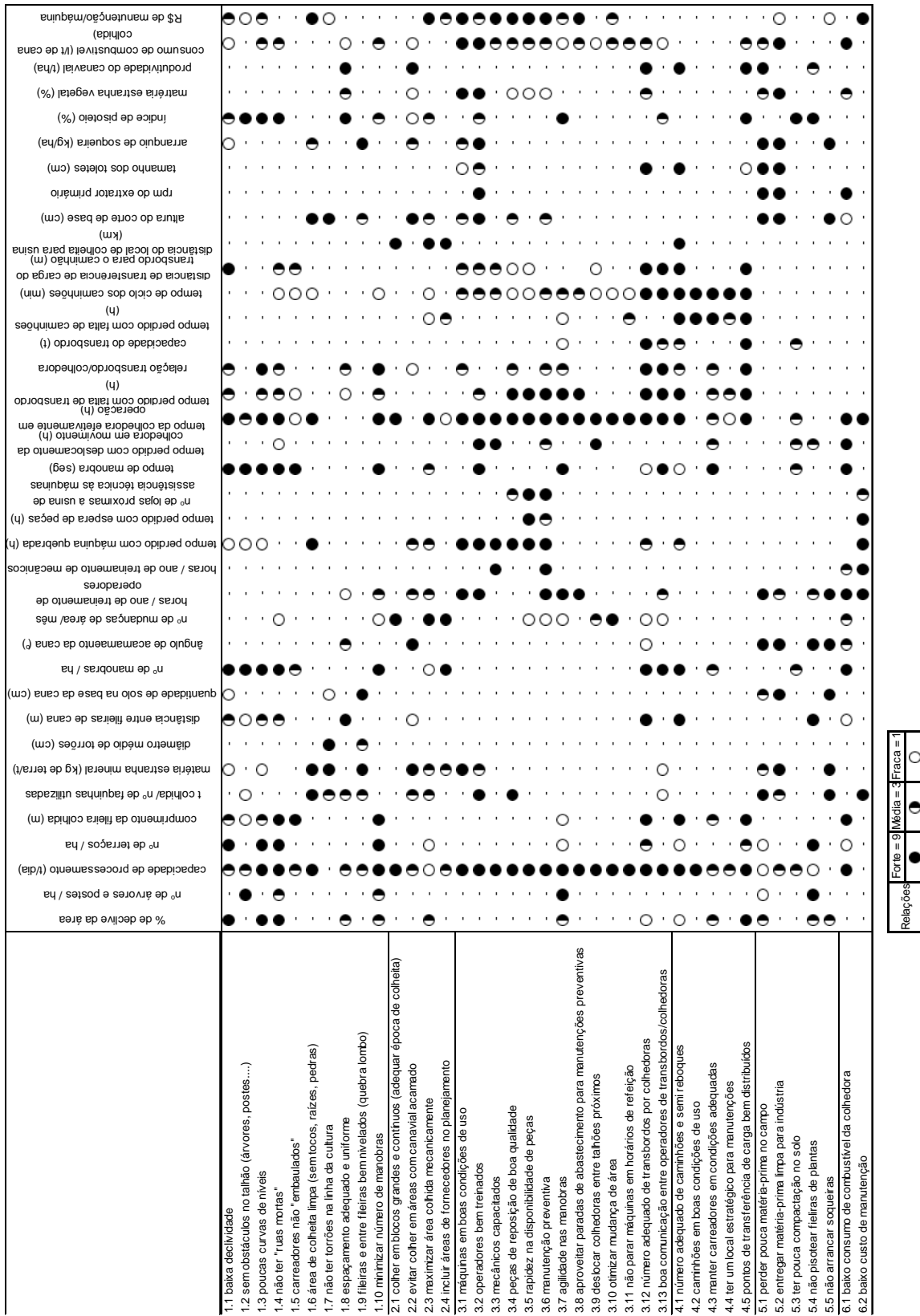


Figura 16 – Intensidade da relação da qualidade exigida com os requisitos técnicos

Na matriz apresentada na Figura 16 é possível identificar como cada item da qualidade exigida se relaciona com os requisitos técnicos e qual o grau de importância dessa relação: forte, média, fraca ou inexistente. O tempo da colhedora efetivamente em operação (h) foi o requisito técnico que apresentou as relações mais fortes com os itens das qualidades exigidas, 23 relações fortes dentre 30 possíveis. O outro requisito técnico que se destacou foi a capacidade de processamento ($t \text{ dia}^{-1}$), 21 relações fortes dentre as 39 possíveis.

4.4 Qualidade Projetada

Estabelecidas as relações entre a qualidade exigida e os requisitos técnicos, determinaram-se os pesos, absoluto e relativo, definindo-se então as prioridades referentes aos requisitos técnicos, Tabela 10.

Tabela 10 – Ordenação da qualidade projetada: peso absoluto, peso relativo e classificação dos requisitos técnicos

	Peso Absoluto	Peso Relativo	Classificação
Capacidade de processamento (t/dia)	632,44	9,53%	1
Tempo da colhedora efetivamente em operação (h)	625,40	9,43%	2
Tempo de manobra (seg)	308,46	4,65%	3
Nº de manobras / ha	298,45	4,50%	4
Tempo perdido com falta de transbordo (h)	287,55	4,34%	5
Índice de pisoteio (%)	276,08	4,16%	6
Horas / ano de treinamento de operadores	251,68	3,79%	7
Tempo perdido com máquina quebrada (h)	244,27	3,68%	8
Tempo de ciclo dos caminhões (min)	241,52	3,64%	9
Relação transbordo/colhedora	217,09	3,27%	10
Comprimento da fileira colhida (m)	204,18	3,08%	11
Consumo de combustível (l/t de cana colhida)	196,54	2,96%	12
Ton colhida/ nº de faquinhas utilizadas	196,36	2,96%	12
Matéria estranha mineral (kg de terra/t)	190,16	2,87%	13
Nº de terraços / ha	185,66	2,80%	14
% de declive da área	184,64	2,78%	15
Altura do corte de base (cm)	183,04	2,76%	16
Distância de transferência de carga do transbordo para o caminhão (m)	181,22	2,73%	17
Distância entre fileiras de cana (m)	144,35	2,18%	18
Tempo perdido com deslocamento da colhedora em movimento (h)	135,09	2,04%	19
Nº de mudanças de área/ mês	128,41	1,94%	20
Ângulo de acamamento da cana (°)	127,31	1,92%	21
Produtividade do canavial (t/ha)	125,05	1,89%	22
Arranquio de soqueira (kg/ha)	120,07	1,81%	23
R\$ de manutenção/máquina	113,42	1,71%	24
Tempo perdido com falta de caminhões (h)	110,66	1,67%	25
Distância do local de colheita para usina (km)	93,08	1,40%	26
Matéria estranha vegetal (%)	90,62	1,37%	27
Horas / ano de treinamento de mecânicos	81,14	1,22%	28
Tamanho dos toletes (cm)	79,31	1,20%	29
Capacidade do transbordo (t)	77,23	1,16%	30
RPM do extrator primário	69,44	1,05%	31
Quantidade de solo na base da cana (cm)	64,26	0,97%	32
Nº de lojas próximas à usina de assistência técnica às máquinas	59,20	0,89%	33
Tempo perdido com espera de peças (h)	55,11	0,83%	34
Nº de árvores e postes / ha	34,91	0,53%	35
Diâmetro médio de torrões (cm)	19,60	0,30%	36

Na Tabela 10 observa-se que dos 37 itens referentes aos requisitos classificados, os 5 primeiros estão relacionados com a operação de colheita em si: capacidade de processamento ($t \text{ dia}^{-1}$), número de manobras por hectare ($n \text{ ha}^{-1}$); tempo de manobra (s); tempo da colhedora efetivamente em operação (h) e tempo perdido com falta de transbordo (h). Por decisão da equipe de desenvolvimento do projeto, somente essas cinco variáveis foram utilizadas na definição da qualidade projetada e para a matriz de correlação. Embora esse procedimento não esteja de acordo com o padrão normal de desenvolvimento da função desdobramento da qualidade, a decisão da equipe foi tomada com base nas restrições de tempo e dados operacionais para o desenvolvimento completo. A Figura 17 apresenta uma visão parcial da matriz da qualidade, somente com os cinco primeiros requisitos técnicos.

Requisitos Técnicos		QUALIDADE PLANEJADA					QUALIDADE PLANEJADA												
		capacidade de processamento (t/dia)	nº de manobras / ha	tempo de manobra (seg)	tempo da colhedora efetivamente em operação (h)	tempo perdido com falta de transbordo (h)	Grau de Importância	Desempenho Barra	Desempenho Concorrente	Plano de Melhoria	Índice de Melhoria	Argumento Técnico	Peso Absoluto	Peso Relativo					
1. Colheita em áreas preparadas	1.1 baixa declividade	●	●	●	●	○	4,90	14,70	14,70	14,70	4,90	5	4	4	4	1,00	1,2	6,00	1,83
	1.2 sem obstáculos no talhão (árvores, postes...)	○	●	●	●	-	6,53	19,60	19,60	6,53	-	4	3	5	5	1,67	1,2	8,00	2,18
	1.3 poucas curvas de níveis	●	●	●	●	○	29,39	29,39	29,39	29,39	9,80	4	2	4	4	2,00	1,5	12,00	3,27
	1.4 não ter "ruas mortas"	●	●	●	●	○	45,93	45,93	45,93	45,93	15,31	5	2	5	5	2,50	1,5	18,75	5,10
	1.5 carregadores não "embaulados"	○	●	●	○	○	5,23	5,23	15,68	1,74	1,74	4	3	4	4	1,33	1,2	6,40	1,74
	1.6 área de colheita limpa (sem tocos, raízes, pedras)	●	-	-	●	-	45,93	-	-	45,93	-	5	2	5	5	2,50	1,5	18,75	5,10
	1.7 não ter torrões na linha da cultura	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	4	4	4	1,00	1,2	6,00	1,83
	1.8 espaçamento adequado e uniforme	○	-	-	-	○	6,53	-	-	-	2,18	4	3	5	5	1,67	1,2	8,00	2,18
	1.9 fileiras e entre fileiras bem nivelados (quebra lombos)	○	-	-	-	-	4,90	-	-	-	-	4	4	5	5	1,25	1,2	6,00	1,83
	1.10 minimizar número de manobras	●	●	●	●	○	24,49	24,49	24,49	24,49	8,16	5	3	4	4	1,33	1,5	10,00	2,72
6. Baixo custo	6.1 baixo consumo de combustível da colhedora	●	●	●	●	-	22,96	22,96	22,96	22,96	-	5	4	5	5	1,25	1,5	9,38	2,55
	6.2 baixo custo de manutenção	-	-	-	●	-	-	-	24,49	-	-	5	3	4	4	1,33	1,5	10,00	2,72
QUALIDADE PROJETADA	Peso Absoluto	632,44	298,45	308,46	625,40	287,55													
	Peso Relativo (%)	9,53	4,50	4,65	9,43	4,34													
	Classificação	1	4	3	2	5													
	Avaliação Usina Da Barra	667,00	50,00	8,5															
	Avaliação Usina Concorrente																		
	Meta	750,00	35,00	12															
	Unidade das medidas	t/h	s	h															
						Relações													
								Forte = 9		Média = 3		Fraca = 1							
								●		○		○							

Figura 17 – Matriz de correlação com 5 principais requisitos técnicos

Na Figura 17 observa-se que a capacidade de processamento de uma colhedora é de 667 t dia⁻¹ e que a qualidade projetada, valor-meta, é de 750 t dia⁻¹. Já o tempo de manobras, que é de 50 s, deverá ser de 35 s e o tempo de trabalho da colhedora ao longo das 24 horas deverá passar de 8,5 h para 12 h por dia. Esses valores-metas podem ser entendidos como uma definição para as características da qualidade da

colheita mecanizada e que considera o seu peso relativo e a qualidade exigida pelo cliente. Já a qualidade exigida tem incorporado no seu valor, peso relativo da qualidade exigida, o grau de importância, o índice de melhoria e o argumento técnico.

Desde que esses valores-metas sejam alcançados, eles devem atender as necessidades do cliente, Usina. Porém, é importante observar que os outros 32 itens não podem ser deixados de lado, mas devem ser analisados pela equipe.

Observa-se também na Figura 17 que os cinco requisitos estão correlacionados entre si, indicando que a modificação de um valor pode afetar o outro. No caso, se o tempo de manobra for reduzido de 50 s, atual, para 35 s, meta, fatalmente isso ocasionará um aumento da capacidade de processamento da colhedora e no tempo da colhedora efetivamente em operação.

5 CONCLUSÃO

Com o uso da função desdobramento da qualidade (QFD) foi possível realizar o planejamento da colheita e identificar os itens críticos desse processo.

Os principais itens críticos, requisitos técnicos, para uma boa colheita mecanizada, de acordo com as condições da Usina, foram: capacidade de processamento; tempo da colhedora efetivamente em operação; tempo de manobra; número de manobras e tempo perdido com falta de transbordos. Todos os itens estão relacionados com a operação de colheita em si.

Os principais requisitos técnicos estão correlacionados entre si e a obtenção de um valor-meta influencia positivamente o outro, como é o caso do tempo de manobra e a capacidade de processamento.

As principais qualidades exigidas pelo cliente foram: não ter ruas mortas; área de colheita limpa (sem tocos, raízes, pedras) boa comunicação entre operadores de transbordos e colhedoras e não pisotear fileiras de plantas.

Com base na avaliação comparativa entre a Usina considerada como cliente e a Usina de referência, identifica-se que existe um potencial de melhoria no processo de colheita da Usina cliente.

REFERÊNCIAS

AKAO, Y. **Desdobramento das diretrizes para o sucesso do TQM**. Porto Alegre: Artes Médicas Bookman, 1997. 200 p.

ASWAD, A. **Quality function deployment: a tool or a philosophy**. Atlanta: Society of Automotive Engineers, 1989. (SAE Technical Paper Series, 890163).

BACELAR, S.R.B.; CABEL B, G.M.; CARVALHO, M.M. QFD: estudo de caso em uma empresa prestadora de serviços de apoio à construção civil. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 21., 2001, Salvador. **Anais...** Salvador: ABEPRO, 2001. 1 CD-ROM.

BARROS, J.W.D. **Planejamento da qualidade do preparo mecanizado do solo para implantação de florestas de *Eucalyptus spp* utilizando o método Desdobramento da Função Qualidade (QFD)**. 2001. 117 p. Dissertação (Mestrado em Máquinas Agrícolas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: <www.agricultura.gov.br>. Acesso em: 08 maio 2009.

CAMILOTTI, F.; ANDRIOLI, I.; DIAS, F.L.F.; CASAGRANDE, A.A. ; SILVA, A.R.; MUTTON, M.A.; CENTURION, J.F. Efeito prolongado de sistemas de preparo do solo com e sem cultivo de soqueira de cana crua em algumas propriedades físicas do solo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 1, p. 189–198, jan./abr. 2005.

CARNEVALLI, J.A.; MIGUEL, P.A.C. Revisão, análise e classificação da literatura sobre QFD – tipos de pesquisa, dificuldades de uso e benefícios do método. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 14, n. 3, p.557-579, set./dez. 2007.

CECIN, S.R., ECHEVESTE, M.E., RIBEIRO, J.L.D. Desdobramento da qualidade em serviços: uma aplicação no setor de shopping centers. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO, 3., 2001, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: UFSC, 2001. 1 CD-ROM.

CHEN, L.H.; WENG, M.C. An evaluation approach to engineering design in QFD processes using fuzzy goal programming models. **European Journal of Operational Research**, Amsterdam, v. 172, n. 1, p. 230–248, 2006.

CHENG, L.C.; MELO FILHO, L.D.R. de. **QFD: desdobramento da função qualidade na gestão de desenvolvimento de produtos**. São Paulo: Ed. Blucher, 2007. 539 p.

CHENG, L.C.; SCAPIN, C.A.; OLIVEIRA, C.A. de; KRAFETSUSKI, E.; DRUMOND, F.B.; BOAN, F.S.; PRATES, L.R.; VILELA, R.M. **QFD: planejamento da qualidade**. Belo Horizonte: Fundação Cristiano Ottoni, 1995. 261 p.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Central de Informações Agropecuárias**. Disponível em: <www.conab.org.br>. Acesso em: 11 maio 2009.

DANIEL, L.A.; LUCARELLI, J.R.; CARVALHO, J.F. Efeito do método de preparo do solo na formação e localização de camadas compactadas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 24., 1995, Viçosa. **Anais...** Viçosa: SBEA; UFV, 1995. p. 370.

DELLARETI FILHO. **As sete ferramentas do planejamento da qualidade**. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1996. 173 p.

FERNANDES, J.M.R; REBELATO, M.G. Proposta de um método para integração entre FMEA e QFD. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 13, n. 2, p.245–259, maio/ago. 2006.

GOVERS, C.P.M. What and about Quality Function Deployment (QFD). **International Journal of Production Economics**, Oxford, v. 46/47, p.575–585, 1996.

GUAZZI, D.M. **Utilização do QFD como uma ferramenta de melhoria continua do grau de satisfação de clientes internos. Uma aplicação em cooperativas agrícolas**. 1999. 209 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.

HUMBERT, R.P. **El cultivo de la caña de azúcar**. México: Continental, 1974. 719 p.

INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA. Índice de mecanização na colheita da cana-de-açúcar no Estado de São Paulo e nas regiões produtores paulista junho de 2007. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 3, n. 3; p. 5, mar. 2008.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONOMICA APLICADA. **Sistema agroindustrial da cana-de-açúcar, sistema agroindustrial da soja**. Rio de Janeiro, 1998. v. 5,139 p.

LEMOS, F.O.; ANZANELLO, M.J. Aplicação do Desdobramento da Função Qualidade (QFD) para o desenvolvimento do produto sazonal do setor alimentício. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2005, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre. Ed. da FEENG. 2005. p. 4850.

MACEDO, N.; ARAÚJO, J.R. Efeitos da queima do canavial sobre insetos predadores. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 29, n.1, p. 71–77, mar. 2000.

MAGALHÃES, R.P.; MOLIN, J.P.; FAULIN, G.D.C. Relação entre o índice de cone, teor de água, textura e matéria orgânica do solo em semeadura direta. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA. 34., 2005, Canoas. **Anais...** Canoas: SBEA, 2005. 1 CD-ROM.

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.

MAXIMIANO, A.C.A. **Introdução à administração**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2004. 429 p.

MAZUR, G. KING, B. SLABELY, B. A glossary of quality deployment terminology. In: AKAO, Y. **Quality function deployment: integrating customer requirements into product design**. Portland: Maple-Vail, 1990. p. 357-361.

MICHELAZZO, M.B. BRAUNBECK, O.A. Tráfego controlado da mecanização da cana-de-açúcar. In: WORKSHOP INTERNACIONAL BRASIL – JAPÃO EM BIOCOMBUSTÍVEL, MEIO-AMBIENTE E NOVOS PRODUTOS DA BIOMASSA. 5., 2007, Campinas. Campinas: UNICAMP, Coordenadoria de Relações Institucionais e Internacionais, 2007.

MIGUEL, A.C.A.; SPOTO, M.H.F.; ABRAHÃO, C.; SILVA, P.P.M. Aplicação do método QFD na avaliação do perfil do consumidor de abacaxi “pérola”. **Ciências Agrotécnicas**, Lavras, v. 31, n. 2, p. 563–569, mar. /abr. 2007.

MIGUEL, P.A.C.; TELFSER, M.; MARUCA, A.; GALLONETTI, A.; SARACURA, A.; MARTINS, L., HORI, M.; RIBEIRO, P.; CAMPOS, R., MARCONATO, T.; MORA, V. Desdobramento da qualidade no desenvolvimento de filmes flexíveis para embalagens. **Polímeros Ciência e Tecnologia**, São Carlos, v. 13, n. 2, p. 87–94, 2003.

MOLIN, J.P. Agricultura de precisão: situação atual e perspectivas. In: FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. **Milho: estratégias de manejo para alta produtividade**. Piracicaba: ESALQ, 2003. p. 89–98.

MORAES, E.E.; NEVES, J.L.M. Colheita de cana crua: perdas no campo e impurezas na carga. In: SEMINÁRIO DE TECNOLOGIA AGRONÔMICA, 1997, Piracicaba. **Anais...** São Paulo: Copersucar, 1997. p. 298-299.

NAGUMO, G.K. **Desdobramento da Função Qualidade (QFD) aplicado à produção de mudas de café (*Coffea arabica* L.)**. 2005. 61 p. Dissertação (Mestrado em Máquinas Agrícolas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

NEGRISOLI, E.; CAVENAGHI, A. L.; TOFOLI, G.R.; VELINI, E.; COSTA, E.A.D.; COSTA, A.G.F. Dinâmica de herbicidas em palhada de cana-de-açúcar. In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 8., 2007, Recife. **Anais...** Piracicaba: STAB, 2007. p. 170–174.

NEVES, J.L.M. **Avaliação de perdas invisíveis em colhedoras de cana-de-açúcar picada e alternativas para sua redução**. 2003. 210 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

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, set./dez. 2004.

OLIVEIRA, L.C.; SPINOLA, F.M. Uso integrado do método qfd e de técnicas estatísticas de planejamento e análise de experimentos na etapa do projeto do produto e do processo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO, 2., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2000. 1 CD-ROM.

RIPOLI, T.C.C. Ensaio & certificação de máquinas para colheita de cana-de-açúcar. In: MIALHE, L.G. **Máquinas agrícolas: ensaios & certificação**. Piracicaba: FEALQ, 1996. cap. 13, p. 635-673.

RIPOLI, T.C.C.; PARANHOS, S.B. **Máquinas para corte e carregamento de cana**. Piracicaba: Centro Acadêmico Luiz de Queiroz, 1990. 46 p.

RIPOLI, T.C.C.; RIPOLI, M.L.C. **Biomassa de cana-de-açúcar: colheita, energia e ambiente**. Piracicaba: Editora Barros & Marques Editoração Eletrônica, 2004. 302 p.

RIPOLI, T.C.C.; VILLANOVA, N.A. Colheita mecanizada de cana-de-açúcar: novos desafios. **STAB. Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 11, n. 1, p. 28-31, 1992.

RIPOLI, T.C.C.; NERY, M.S.; DE LEÓN, M.J.; PIEDADE, S.M.S. Desempenho operacional de uma colhedora em cana crua em função da velocidade de avanço. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 19, n. 2, p. 199–207, 1999.

ROSEFF, N. The effects of operating velocity on productivity in green and burned sugar cane. **Sugar Cane**, Texas, n. 1, p. 7-19, 1989.

SALVI, J.V. **Qualidade do corte de base de colhedoras de cana-de-açúcar**. 2006. 89 p. Dissertação (Mestrado em Máquinas Agrícolas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

SARANTOPOULOS, I.A.; CAMARGO, P.J.C.C.; FERNANDES, A.B.; GALVÃO, M.T.; GENARI, L.H.; LUI, M.C.Y.; PULITANO, L.S.; PERERIA, P.L.S.; SANTOS, W,A.; SOFFIATTI, T.T.; WATANABE, R. Processo de transferência guiado pelo QFD. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS, 1., 1999, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte. UFMG, 1999. 1 CD-ROM.

SILVEIRA, G.G.; SELEG, P.M. A utilização do QFD como suporte à implementação do TQC: uma aplicação prática em uma empresa do setor hoteleiro. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 15., 1995, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 1995. p. 388–392.

SOUZA, M.M.A. **Desempenho competitivo do Estado de São Paulo e da região sul do Estado de Goiás na produção de cana-de-açúcar.** 2008. 74 p. Dissertação de (Mestrado em Agronegócio) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

TROST, .W.; STEELE, F.M. Control of microbiological losses prior to cane delivery and during sugar processing. **International Sugar Journal**, London, v. 104, n. 1239, p. 118-123, June 2002.

UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-AÇÚCAR. **Dados e cotações.** Estatísticas 2008. Disponível em: <www.unica.com.br>. Acesso em: 13 out. 2008.

VELINI, E.D.; NEGRISOLI, E. Controle de plantas daninhas em cana crua. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 22., 2000, Foz do Iguaçu. **Palestras...** Foz do Iguaçu: SBHPD, 2000. p.148–164.

VOLPATO, J.L.M. **Otimização de um cortador de base flutuante para seguimento do perfil do solo em colhedoras de cana-de-açúcar.** 2001. 204 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2001.

YOUNGER, J.A. Quality cane and extraneous matter. In: INTERNACIONAL SOCIETY OF SUGARCANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 17., 1980, Manila. **Proceedings...** Manila: The Executive Commite of the ISSCT Congress, 1980. v. 1, p. 885–890.

ANEXO

