

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

Planejamento da qualidade do plantio mecanizado de cana de açúcar

Daniel Gustavo de Pauli

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

**Piracicaba
2009**

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

Daniel Gustavo de Pauli
Engenheiro Agrícola e Ambiental

Planejamento da qualidade do plantio mecanizado de cana de açúcar

Orientador:
Prof. 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**

Pauli, Daniel Gustavo de
Planejamento da qualidade do plantio mecanizado de cana de açúcar / Daniel Gustavo de
Pauli. - - Piracicaba, 2009.
79 p. : il.

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

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

CDD 633.61
P327p

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

À
minha mãe, Dona Guiomar;
minha esposa e filha, Roberta e Letícia,
Dedico.

“Nunca saberás o que é bastante enquanto não souberes o que é mais que bastante.”

William Blake

AGRADECIMENTOS

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

À **Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES** pela bolsa de estudo concedida.

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

À **Universidade Federal de Viçosa**, pela formação acadêmica de qualidade.

À **Pioneiros Bioenergia S/A** pelo apoio e oportunidade de realização desse trabalho.

Aos engenheiros da Pioneiros Bioenergia S/A que integraram a equipe técnica de desenvolvimento do trabalho: **Ricardo, Renan, Vitor, Rebuá, Gilberto e Ottomar**.

Aos professores do Departamento de Engenharia Rural: **José Paulo Molin, Thiago Liborio Romanelli, Casimiro Dias Gadanha Junior, Tomaz Caetano Cannavam Ripoli**, pelos ensinamentos.

Aos amigos **José Vitor, Gustavo Fontana e Roselane** pela “co-orientação” e companheirismo.

Aos amigos de turma **Tiago Carletti, Marcelo Coelho, Étore Reynaldo e Artur Miola** pelos momentos compartilhados e a excelente convivência.

Aos amigos do programa de pós graduação: **Fabricio Povh, Cassiano Mota, Thiago Machado, Rubén Collantes, Flavia Frasson, Marco Garcia, Marcos Matos, Fernando Barros, Paulo Pelóia, Vanderson, Felipe, Marcio Carreira**.

Aos amigos conquistados durante o período do mestrado: **Yuri, Patrick, Livia, Lucia, Liloka, Lili, Juliana, Roxane e Adriana**.

Aos alunos de graduação: **Shadia, Igor e Rafael**.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Rural: **Áureo, Juarez, Chicão, Zé Geraldo, Fernada, Dona Vera e Dona Lurdes**.

À todos aqueles que contribuíram direta ou indiretamente para realização desse trabalho.

SUMÁRIO

RESUMO	9
ABSTRACT	11
1 INTRODUÇÃO	13
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1 Plantio convencional e mecanizado.....	15
2.2 Fatores que influenciam a qualidade do plantio mecanizado	18
2.3 Desdobramento da Função Qualidade (QFD)	22
2.3.1 O método QFD	23
2.3.2 A Matriz da Qualidade	25
2.3.3 Aplicações do QFD no agronegócio.....	29
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	35
3.1 Processo de plantio mecanizado de cana de açúcar.....	35
3.2 Desenvolvimento do método QFD.....	36
3.2.1 Etapa 1 - Formação da equipe técnica de desenvolvimento do QFD	37
3.2.2 Etapa 2 – Elaboração da tabela de desdobramento das qualidades exigidas (QE).....	38
3.2.3 Etapa 3 - Definição da qualidade planejada	39
3.2.4 Etapa 4 - Extração das características da qualidade (CQ).....	42
3.2.5 Etapa 5 - Definição da matriz de relações	42
3.2.6 Etapa 6 - Definição da qualidade projetada e estabelecimento de metas de desempenho ...	43
3.2.7 Etapa 7 - Construção da matriz de correlações.....	44
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
4.1 Exigências da qualidade do plantio e suas prioridades.....	46
4.1.1 Qualidade exigida	46
4.1.2 Qualidade planejada	49
4.2 Características da qualidade e as prioridades técnicas do plantio mecanizado	52

4.2.1 Pré plantio	54
4.2.1.1 Viveiro de mudas	54
4.2.1.2 Colheita de mudas	57
4.2.1.3 Transporte de mudas	59
4.2.2 Plantio	61
4.2.3 Pós plantio	64
4.2.4 Metas de desempenho	66
4.3 Análise geral da matriz da qualidade	67
REFERÊNCIAS	73
ANEXO	79

RESUMO

PLANEJAMENTO DA QUALIDADE DO PLANTIO MECANIZADO DE CANA DE AÇÚCAR.

Garantir a qualidade durante as operações de plantio é o primeiro passo para se alcançar o bom desenvolvimento e lucratividade da cultura. O plantio é uma das etapas de produção da cana de açúcar que mais demanda conhecimento técnico e planejamento adequado, pois as decisões tomadas nesse momento repercutirão por todo o ciclo produtivo. A recente disponibilidade do sistema mecanizado de plantio gera dificuldades aos que decidem implantá-lo, principalmente para definir e controlar, em meio às diversas variáveis, as prioridades do sistema. Diante dessa realidade, o objetivo desse trabalho foi identificar as prioridades técnicas e estabelecer metas de desempenho para o planejamento da qualidade do plantio mecanizado de cana de açúcar utilizando o método do Desdobramento da Função Qualidade (QFD). O trabalho foi desenvolvido por meio de reuniões com uma equipe técnica formada dentro de uma empresa de bioenergia (açúcar, álcool e energia elétrica). Em relação às exigências da qualidade do plantio mecanizado, foi extraído um total de 54 itens. Desses itens, os aspectos gerenciais do plantio apresentaram maior importância, envolvendo: baixo custo e bom desempenho operacional da colheita de mudas; falhas no fornecimento de mudas à plantadora; distância do viveiro à área de plantio. Obteve-se um total de 58 características da qualidade (requisitos técnicos) que abrangem as operações realizadas em pré plantio, plantio e pós plantio. Desse total extraíram-se 17 características, as quais foram consideradas prioridades e estabelecidas como metas de desempenho para o plantio mecanizado da empresa. As características da qualidade com maiores pesos relativos foram a “densidade de gemas viáveis”, o “consumo de mudas” e a “distância da área de plantio” até viveiro de mudas. Os resultados obtidos permitiram compreender como e com que intensidade as variáveis do processo de plantio mecanizado se relacionam.

PALAVRAS CHAVE: Plantadora de cana de açúcar; Mecanização agrícola; Qualidade; QFD

ABSTRACT

QUALITY PLANNING OF THE SUGAR CANE MECHANIZED PLANTING

To reach a good growing and profitability of sugar cane crops, the first step is to guarantee the quality during the planting operations. The planting is one of the steps in the production that demands more technical knowledgement and a proper planning. The decisions made at that moment will influence throughout the productive cycle. The planting mechanization is a technique recently available and it has generated some difficulties to the ones who decided to install it, mainly to define and control the system priorities, despite the several variables. Before this scenery, the aim of this study was to plan the sugar cane mechanized planting, to identify the technical priorities and to establish goals of performance. The methodology used was based on quality function deployment (QFD). The work was developed and organized after some meetings with a staff consisted of a bio-energy enterprise (sugar, ethanol and electrical energy). There were a total of 54 items under the mechanized planting of quality demands. The items related to management aspects of planting presented the higher importance because they involve low cost and a good operational performance of the seedlings harvesting, failures on the seedlings supplying to the planter and the distance from the nursery to the planting area. A total of 58 technical requirements that involve the operations realized in pre-planting, planting and post-planting were obtained. Out of these total, 17 characteristics were considered the priorities and established as the performance goals for the enterprise mechanized planting. The characteristics that presented higher relative weighs were the density of viable buds, the seedlings consume and the distance from the planting area to the nursery. The results made possible to understand the manner and the intensity that the variables of mechanized planting process relate to each other.

KEYWORDS: Sugar cane planter; Agricultural mechanization; Quality; QFD

1 INTRODUÇÃO

Em meio às preocupações com o desenvolvimento sustentável e a busca crescente por fontes renováveis de energia, o setor sucroalcooleiro brasileiro tem se destacado no cenário internacional. Considerado o maior produtor mundial de cana de açúcar, o país produziu um total de 495,8 milhões de toneladas na safra de 2007/08 e estima colher 572,5 milhões de toneladas na safra de 2008/9 (MAPA, 2009a).

A cana de açúcar é a matéria prima que permite os menores custos de produção de açúcar e álcool. Além disso, a energia consumida no processo é produzida a partir dos seus próprios resíduos. Seus derivados contribuem para que o Brasil apresente uma matriz energética de caráter renovável em relação a outros países e representam 14,0% da energia primária produzida no país (MAPA, 2007).

O setor sucroalcooleiro, nos últimos anos, passa por um momento de significativa expansão. Em 2006 a área plantada com a cultura era de 7,0 milhões de hectares e em 2007 de 7,4 milhões, um acréscimo de 4,7%. No ano de 2008 a área plantada expandiu-se para 8,4 milhões de hectares, correspondendo a um aumento de 13,4% em relação ao ano anterior e 18,7% ao ano de 2006 (MAPA, 2009b).

A expansão das novas áreas produtoras de cana de açúcar tem ocorrido geralmente em regiões não tradicionais, onde a indisponibilidade de mão de obra especializada torna-se um fator agravante, principalmente em relação às operações agrícolas, cruciais para o sucesso da atividade. A falta da mão de obra associada a busca constante pela redução de custos, ao aumento da competitividade e as questões trabalhistas e ambientais, impulsionam o desenvolvimento e melhoria da mecanização agrícola no setor.

O processo de plantio da cultura é tradicionalmente realizado de forma semimecanizada, envolvendo operações manuais e mecânicas. Com o advento de uma nova geração de plantadoras, a cultura da cana passa a ser totalmente mecanizada, do plantio à colheita. No sistema mecanizado, as plantadoras utilizam rebolos de mudas colhidas por colhedoras de cana picada e realizam simultaneamente a sulcação, a distribuição das mudas e de insumos e a cobertura dos sulcos.

As operações de plantio são as que demandam maiores cuidados e conhecimento técnico. Os erros cometidos nesse momento causam prejuízos por todo ciclo da cultura, o qual normalmente é de 4 a 5 anos. Realizar um bom planejamento, controlar e garantir a qualidade

desejada nas operações de plantio é essencial para se alcançar a produtividade e longevidade esperada dos canaviais.

O dinamismo natural e a complexidade do plantio, junto à recente implantação do sistema mecanizado, ampliaram o número de variáveis que podem influenciar o processo. Os produtores que decidem aderir à mecanização total das operações de plantio, geralmente enfrentam problemas na implantação e execução, principalmente para definir quais dessas variáveis devem ser controladas e que merecem maior atenção. As dificuldades em definir as variáveis podem ocasionar o aumento de desperdícios de insumos e prejudicar a qualidade das operações, influenciando na longevidade das soqueiras e onerando os custos de produção.

O planejamento adequado da operação de plantio é o primeiro passo para o bom desenvolvimento e lucratividade da cultura. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi identificar as prioridades técnicas e estabelecer metas de desempenho para o plantio mecanizado de cana de açúcar.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

No sistema produtivo de açúcar e álcool, o setor agrícola é o que apresenta maior disponibilidade de redução de custos e representa cerca de 65% do custo total. Dentre ele, aproximadamente 45% refere-se ao processo de plantio (FNP, 1999).

Para otimizar a exploração econômica da cultura da cana de açúcar, Vitti e Mazza (2002) destacam a necessidade de um adequado planejamento, do plantio à colheita, por todo o ciclo da cultura. De acordo com Coleti e Stupiello (2006), um bom planejamento e muito conhecimento técnico são fundamentais para garantir a qualidade das operações de plantio, e, conseqüentemente, proporcionar um desenvolvimento satisfatório da cultura, uma vez que nesse momento são tomadas decisões para todo o ciclo.

Segundo Beauclair e Scarpari (2006), o plantio é a prática que mais envolve o conhecimento solo-planta-atmosfera e a interação desses fatores pode ditar o sucesso ou fracasso da atividade. Eles ainda observam que as atitudes tomadas nesse momento são as determinantes da produtividade e longevidade da cultura.

Carlin et al. (2004) relatam que as boas práticas de plantio são de extrema importância para alcançar bons resultados no cultivo da cana. Dessa forma, pode-se obter uma população de plantas adequada, ausência de pragas durante a fase inicial da cultura, bom uso do solo, dentre outras características que permitam conduzir o canavial do plantio à colheita.

Vicente e Fernandes (2004) enfatizam a importância de controlar e garantir a qualidade do plantio durante a operação, para que se obtenha a produtividade final esperada. Nesse mesmo contexto, Quintela et al. (1997) observam que o canavial que não atender os requisitos básicos das exigências da cultura no momento do plantio, poderá apresentar produtividade reduzida, maior suscetibilidade ao ataque de pragas, redução da longevidade e sobretudo o aumento dos custos de produção.

2.1 Plantio convencional e mecanizado

Independente de qual método seja empregado, convencional (semimecanizado) ou mecanizado, o plantio da cana de açúcar deve cumprir seu objetivo e atender as exigências da

cultura contemplando o ambiente em que ela será implantada (BEAUCLAIR e SCARPARI, 2006).

Coleti (1987) diz que as atividades de plantio sofrem algumas variações conforme seja ele realizado, semimecanizado ou mecanizado, mas basicamente pode ser dividido em três etapas: o corte das mudas, sua distribuição no sulco e cobertura. O autor apresenta uma relação das atividades que constituem o sistema de plantio convencional, muitas vezes também chamado de “manual” devido ao predomínio de operações manuais em sua realização. Tais atividades são: corte, carregamento e transporte das mudas; sulcação e adubação; distribuição, alinhamento e seccionamento (picamento) das mudas no sulco; cobertura dos sulcos juntamente à aplicação de inseticida; repasse manual da cobertura de sulcos.

De acordo com Ripoli, et al. (2006), o plantio semimecanizado ou convencional, erroneamente denominado de manual, é composto por um conjunto de operações manuais e mecanizadas que envolvem as etapas de sulcação, cobertura dos sulcos e aplicação de defensivos e fertilizantes realizadas mecanicamente e a distribuição de mudas, fracionamento e alinhamento das mudas no sulco manualmente. Já o plantio mecanizado é composto de todas essas mesmas etapas, porém efetuadas mecanicamente, contando com mão de obra apenas na operação das plantadoras.

O sistema de plantio semimecanizado caracteriza-se por uma boa qualidade de distribuição de mudas no sulco, a qual não é atingida pelas plantadoras mecânicas de cana picada, utilizadas no sistema mecanizado (BENÍTEZ, 1997).

No início da década de 70, segundo Stof, Fernandes e Furlani Neto (1981), foi desenvolvido na Austrália, um modelo de plantadora de cana que conseguiu uma extraordinária popularidade entre os pequenos produtores, devido ao seu eficiente sistema mecânico de divisão de colmos em rebolos no ato do plantio, sem a necessidade de retirar a palha. A partir de 1977, empresas nacionais começaram a produzir modelos similares com pequenas adaptações às condições brasileiras. Após as primeiras demonstrações dessas máquinas em regiões canavieiras paulistas, questionou-se o sistema mecânico no sentido de haver um menor índice de germinação em relação ao sistema convencional de plantio.

Nesse sistema, a sulcação, a adubação e o fechamento dos sulcos são operações simultâneas, ao passo que a alimentação das mudas (dosagem) é feita manualmente. Esse processo manual demanda um grau de conscientização e concentração não existente na mão de

obra agrícola, motivo pelo qual não foi bem sucedido quando implantado no país (BENÍTEZ, 1997).

Segundo Ripoli et. al, (2006), nos últimos anos os produtores de cana podem contar com a opção de realizar o plantio de forma totalmente mecanizado, sendo a colheita realizada por colhedoras de cana picada e o plantio por plantadoras que executam simultaneamente as operações de sulcação, distribuição de mudas e cobertura dos sulcos.

Pinto e Moraes (1997) desenvolveram um protótipo de uma plantadora de cana de açúcar de duas linhas tendo como modelo uma máquina importada da Austrália. Atualmente, esse é o sistema de plantio mais adotado pelas empresas sucroalcooleiras que optam por esse processo. De acordo com os autores, a plantadora opera com mudas fornecidas por colhedoras de cana picada, que cortam a base e o topo, picam o colmo na forma de rebolos e efetuam a limpeza dos mesmos. Um equipamento intermediário de transporte (transbordo) acompanha a colhedora recolhendo os rebolos, transportando a carga até o local do plantio, onde então se processa o basculamento das mudas para o compartimento de estocagem (caçamba) da plantadora. A plantadora, acoplada a um trator agrícola, realiza simultaneamente, em duas linhas, a sulcação, a adubação, a deposição dos rebolos e a cobertura do sulco.

Estudando a influência dos sistemas de plantio mecanizado e convencional no índice de germinação da cana de açúcar, Stof, Fernandes e Furlani Neto (1981), não encontraram diferenças significativas entre os dois sistemas. Porém, os autores relatam que observaram visualmente uma menor germinação, ou maior índice de falhas, em plantios comerciais utilizando sistemas mecanizados. Esse fato se deve aos fatores não controlados na prática, nas empresas, e que nos experimento foram isolados, tais como: quantidade de terra de cobertura, utilização de menor quantidade de muda e alimentação descontínua de mudas.

Para Garcia (2008), o plantio mecanizado vem se mostrando mais rentável e viável do ponto de vista operacional do que o sistema convencional. Em seu trabalho, avaliando um sistema de plantio mecanizado quanto à demanda energética, desempenho operacional e biometria das mudas, o autor concluiu que o plantio mecanizado causou maiores danos às gemas, reduzindo o seu número por metro de sulco, aumentando a porcentagem de falhas de plantio e refletindo significativamente na redução da produtividade agrícola. Já em relação ao custo operacional, o sistema mecanizado apresentou-se altamente vantajoso em relação ao convencional.

As deficiências na distribuição de mudas pelas plantadoras utilizadas no sistema mecanizado estão determinadas pela baixa precisão do ordenamento e dosagem dos rebolos. Segundo Benítez (1997), a curta trajetória do plantio mecanizado no mundo justifica sua defasagem tecnológica e relação a outras culturas, como é o caso da cultura de cereais, onde dosadores pneumáticos e mecânicos de precisão já se encontram disponíveis comercialmente. O ordenamento e dosagem das mudas representam um desafio muito maior do que a dosagem de grãos, em função da maior variabilidade geométrica das mudas em termos de diâmetro, curvatura e presença de folhas.

Nascimento e Pinto (2007) relatam que são muitas as variáveis que influenciam o plantio, e dentre elas estão: variedade da cana, idade e porte da muda, tamanho de reboło, cobertura do sulco (quantidade de terra sobre a muda), distância da área de colheita das mudas à área de plantio, topografia, formato do talhão, características da colhedora, do transbordo e da plantadora. Os autores relatam que os estudos relativos ao plantio mecanizado foram divididos em dois grupos: condições de campo e condições controladas. Nas condições de campo avaliaram-se as operações realizadas desde o viveiro de mudas, na colheita e no transporte até o plantio. Já nas condições controladas foram avaliadas as máquinas (colhedoras, transbordos e plantadoras) em relação aos seus sistemas mecânicos e efeitos que causam na estrutura dos rebolos e gemas.

Para Coleti (1987) todas as etapas que envolvem o processo de plantio, desde o planejamento à execução, devem ser entendidas conjuntamente como um projeto de engenharia. A implantação de um sistema de plantio mecanizado, segundo Pinto e Moraes (1997), não é simples e demanda uma avaliação sistêmica e detalhada das diversas variáveis que o afetam, não bastando apenas a disponibilidade dos equipamentos capazes de executar as operações envolvidas do processo. Torna-se necessário uma interface multidisciplinar para o estudo e implantação do sistema.

2.2 Fatores que influenciam a qualidade do plantio mecanizado

O plantio de cana de açúcar, segundo Van Dillewijn (1952 apud MARCHIORI et al., 2006), é normalmente feito através de rebolos devido ao fenômeno da dominância apical. Os rebolos são pedaços de colmo contendo duas ou três gemas no estado latente, que encontrando

condições favoráveis, passam ao estado ativo de crescimento e desenvolvimento. A brotação das gemas nos rebolos de cana de açúcar depende de fatores endógenos e exógenos e sendo um dos processos que requer maior atenção na cultura, pois dele dependerá, em grande parte, a futura população de plantas no campo.

Garcia (2008) cita que os fatores endógenos são aqueles ligados ao potencial da planta e entres os mais importantes, de acordo com diversos autores, estão: tamanho do rebole e reserva energética, idade das gemas e variedade. Dentre os exógenos, os quais estão mais relacionados à metodologia de plantio utilizada, podem-se citar: profundidade de plantio, espaçamento, densidade de plantio, danos mecânicos causados às gemas, cobertura dos sulcos e compactação pós cobertura (QUINTELA, et al., 1996) (LEE, 1984) (CASAGRANDE, 1991) (CARLIN, et al., 2004) (MARCHIORI, et al., 2006) (PEIXOTO, et al., 1988) (STOLF; BARBOSA, 1990) (STOLF; BARBOSA, 1991) (IDE, et al., 1984).

A colheita mecânica de mudas, segundo Pinto e Moraes (1997), é a principal causadora de injúrias às gemas e rebolos, devido ao processamento interno dos colmos pelos sistemas rotativos da colhedora, tais como: cortador de base, rolos transportadores e facão picador. A colheita deve ser realizada cuidadosamente e com velocidade de trabalho menor que a especificada para a colheita de matéria prima para moagem. A boa limpeza das mudas proporcionará menores possibilidades de embuchamento da plantadora, o que minimizará a ocorrência de falhas de distribuição. Os autores ainda chamam atenção para as características varietais desejadas nas mudas, tais como: resistência a impactos, gema embutida e tendência a não tombar (porte ereto).

Cebim (2007), avaliando o desempenho econômico e operacional do plantio mecanizado, conclui que os danos provocados pelo fracionamento dos colmos em rebolos, reduziram a quantidade de gemas viáveis. Mesmo utilizando uma maior quantidade de muda, esse sistema contribuiu para um menor perfilhamento, maior número de falhas e menor produtividade.

Ide et. al, (1984), avaliaram os efeitos do tamanho dos rebolos utilizados como muda no desenvolvimento da cana de açúcar. Os autores relatam que o tamanho ideal, a fim de evitar a dominância apical, seria de uma gema, mas tradicionalmente, o plantio de cana é realizado com rebolos de 3 a 4 gemas. Raramente esse processo limita a formação “stand” de plantas, uma vez que a quantidade de gemas é normalmente maior que a necessária.

Em relação à retirada da palha das mudas (limpeza) durante a operação de colheita, Londasle (1978 apud IDE et al., 1984) não encontrou diferenças significativas na germinação das

plantas devido à presença da palha nos rebolos. Por outro lado, Yang et al., (1981) observaram que a presença da bainha atrasou a germinação, principalmente em condições adversas de umidade do solo.

Segundo Coleti (1987), a profundidade da sulcação no plantio é de 25 cm a 30 cm e recomenda-se que essa não exceda a profundidade do preparo de solo, pois corre-se o risco de plantar a muda em solo compactado, o que dificultará o desenvolvimento e penetração das raízes. Segundo o autor, alguns estudos revelaram diferenças superiores a 40% da quantidade de sistema radicular quando o fundo do sulco foi escarificado.

As raízes da cana de açúcar, conforme citado por Buso (2006), crescem nos macroporos do solo. Em solos compactados ou adensados os macroporos tornam-se reduzidos e as raízes encontram dificuldades para se desenvolverem devidamente, o que prejudica a translocação normal de água e nutrientes para a parte aérea, levando a planta a um menor desempenho agrícola.

Quanto ao espaçamento de plantio, muitos trabalhos de pesquisa mostraram resultados favoráveis à redução do espaçamento a valores de 1,40 m, de acordo com Stolf e Barbosa (1991). Outros autores se preocuparam com a viabilidade de sua mecanização (STOLF; FURLANI NETO; CERQUEIRA LUZ, 1987). Com o objetivo de propor uma metodologia de controle da quantidade de muda no sulco em função do espaçamento utilizado, os autores ressaltam a necessidade de se fixar um valor de gemas por metro variando o consumo de mudas por unidade de área à medida que se altere o espaçamento de plantio.

Segundo Mialhe, Ripoli e Milan (1983), devido à bitola média do maquinário agrícola e do espaçamento de 1,40 m, em qualquer esquema de tráfego, sempre ocorrerá compactação na região abrangida pelo sistema radicular da cultura.

Beauclair e Scarpari (2006) relatam que em canaviais colhidos mecanicamente o espaçamento de 1,50 m tem apresentado vantagens operacionais, minimizando o pisoteio das fileiras de cana.

A quantidade ideal de gemas a ser utilizada em qualquer espaçamento de plantio, de acordo com Stolf e Barbosa (1990), é uma informação de extrema importância, pois, a muda, é um insumo de elevado valor. E os seus custos de manejo aumentam diretamente com a quantidade adotada por unidade de área. Porém, a quantidade correta depende de diversos fatores, da planta e de seu ambiente, que controlam um complexo mecanismo de competição entre os

colmos. Com o objetivo de estabelecer uma quantidade ideal de gemas a ser utilizada em áreas extensivas, os autores realizaram uma análise de diversos trabalhos de pesquisa realizados entre as décadas de 60, 70 e 80. Eles verificaram que valores na faixa de 9 a 12 gemas por metro de sulco atendem praticamente a totalidade das situações, no sentido de se atingir a máxima produtividade. A utilização de valores acima de 12 gemas por metro é uma medida extra de segurança, a qual não é econômica mas atende a um aspecto estratégico das empresas, a fim de minimizar a ocorrência de falhas no plantio.

Coleti (1987) relata que na prática, deve-se ponderar o fato da muda estar sujeita a danos mecânicos desde o corte no viveiro até sua cobertura no sulco, a margem de segurança exige um mínimo de 12 a 15 gemas por metro, que é usual nos grandes plantios. O autor também chama atenção para algumas características da qualidade da muda, tais como, distância de internódios e idade da muda, em que, variedades com internódios curtos, poderão proporcionar um bom “stand” de germinação.

Beauclair e Scarpari (2006) afirmam que a densidade de plantio adotada atualmente é de aproximadamente 12 gemas por metro de sulco e, na prática, é comum a ocorrência de valores superiores, pois, através de um investimento relativamente pequeno, pode-se prevenir a presença de falhas que persistirão por 4 a 5 anos se houverem gemas inviáveis nas mudas utilizadas.

Em relação à cobertura dos sulcos, Ide et al., (1984) afirmam que, muitas vezes, o sucesso de uma lavoura de cana de açúcar depende dessa operação. A cobertura da camada de solo colocado sobre a muda e a sua compactação são fatores relacionados ao fluxo de água e calor, que interferem decisivamente na brotação, emergência e perfilhamento. Os autores avaliaram os efeitos de diferentes formas de cobertura do sulco, com e sem compactação. E concluíram que a cobertura e a compactação não influíram na produção. Porém, em um dos experimentos, a compactação causou um atraso na brotação, a qual foi recuperada devido as condições de umidade favoráveis do solo. Em condições mais adversas, principalmente em solos com baixo suprimento de água, os autores ressaltam que essa recuperação poderia não ocorrer. Eles também abordam o trabalho de Boden, citado por Dillewijn (1952), que verificou uma redução da germinação com o aumento da profundidade de plantio e camada de solo acima dos rebolos.

Barros (2008), em seu trabalho de melhoria contínua no processo de plantio de cana de açúcar, teve como principal objetivo identificar os fatores críticos na garantia da qualidade operacional do plantio. Ao todo, identificaram-se 10 itens, dos quais apenas quatro foram

definidos como críticos: paralelismo entre sulcos (uniformidade do espaçamento entre sulcos), gemas viáveis por metro de sulco, altura de cobertura e profundidade do sulco. O autor discute que os fatores relacionados à operação de sulcação (paralelismo, profundidade) e cobertura dos sulcos devem-se à inadequada regulação dos equipamentos. Já as falhas na quantidade de gemas viáveis por metro de sulco estão relacionadas à colheita de mudas e à qualidade do viveiro.

Identificando e avaliando as variáveis críticas no processo de produção de cana de açúcar, Campos (2007) identificou um total de 17 variáveis, dentre as quais destacou-se o espaçamento entre sulcos. A irregularidade do espaçamento foi considerada como causa da redução do “stand”, diminuindo a quantidade linear de metros de sulco por unidade de área.

2.3 Desdobramento da Função Qualidade (QFD)

O QFD, Quality Function Deployment, conhecido em português como Desdobramento da Função Qualidade, e originalmente denominado no Japão como *Hinshitsu Kino Tenkai*, é um método inserido no contexto do TQC – *Total Quality Control* (CHENG; MELO FILHO, 2007). O método busca traduzir as necessidades e desejos dos clientes em especificações técnicas de produtos e processos, assegurando que as especificações possam ser cumpridas pelas áreas operacionais da organização (AKAO, 1996).

No TQC (no estilo japonês), o controle da qualidade manifesta-se através de três ações gerenciais: planejar a qualidade (gestão do desenvolvimento do produto), manter a qualidade (gestão da produção do produto) e melhorar a qualidade (melhoria da gestão da produção do produto) (CHENG et al., 1995). Foi com foco na primeira ação gerencial (planejar a qualidade) que surgiu o QFD.

De acordo com Cheng e Melo Filho (2007), o QFD foi formulado no Japão pelos professores Shiguero Mizuno e Yoji Akao, no final da década de 60. Numa época em que a Indústria Japonesa, enfraquecida após a Segunda Guerra Mundial, deixavam um modelo de desenvolvimento de produto baseado em imitações e cópias, e avançava para outro baseado em originalidade (AKAO e MANZUR, 2003).

Aplicado pela primeira vez no ano de 1972 em Kobe, nos estaleiros da Mitsubishi Heavy Industries, o QFD só começou a ser implantado nos Estados Unidos e na Europa após a

publicação do artigo sobre aplicação do método nas indústrias japonesas, intitulado de “Quality function deployment and CWQC (*Company Wide Quality Control*) in Japan”, publicado em outubro de 1983 na revista *Quality Progress*, por Masao Kogure e Yoji Akao (HAN et al., 2001). Govers (1996), relata que o QFD foi introduzido nos Estados Unidos por Clausing em 1984, na Ford Motor Corporation, que gerou um artigo publicado por Hauser e Clausing, intitulado de “House of Quality”. Esse foi o primeiro estudo de caso de aplicação do QFD conhecido fora do Japão.

No Brasil, o método foi apresentado pela primeira vez em 1989, no Congresso Internacional de Controle da Qualidade (ICQC – International Congress Quality Control) realizado no Rio de Janeiro (AKAO e MANZUR, 2003). Hoje, o QFD é aplicado praticamente em todo o mundo, no desenvolvimento de produtos e serviços do tipo solução antecipada de problemas (CARNEVALLI; SASSI; MIGUEL, 2002).

2.3.1 O método QFD

Pegô (2006), afirma que diversos autores já definiram o QFD e todos concordam em dizer que o método captura as necessidades dos clientes e conduz esta informação ao longo de todo o processo produtivo, de maneira a entregar ao cliente um produto ou serviço conforme desejado.

Para Cheng e Melo Filho (2007), o desdobramento da qualidade pode ser conceituado como um processo que visa ouvir, traduzir e transmitir, de forma priorizada, as informações necessárias para que o produto desenvolvido atenda as necessidades dos clientes. Isso é realizado por intermédio de desdobramentos sistemáticos, iniciando-se com a determinação da voz do cliente passando por todos os fatores necessários para o desenvolvimento do produto (bens e serviços) como: características de qualidade do produto, funções, características de qualidade dos produtos intermediários e matérias primas, parâmetros de controle, processos, mecanismos, componentes, padrões, entre diversos outros. As escolhas dos fatores dependem da natureza de cada projeto.

Eureka e Ryan (1992 apud PEGÔ, 2006), definem o QFD como um método que traduz as necessidades do cliente em requisitos apropriados para a empresa, em cada estágio do ciclo de

desenvolvimento do produto, desde a pesquisa e desenvolvimento até a engenharia, a produção, o marketing, as vendas e a distribuição.

Oakland (1994) descreve que, o QFD é um “sistema” para projetar um produto ou serviço, baseado nas exigências do cliente, com participação de membros de todas as funções da organização. Converte as necessidades do cliente em requisitos adequados para cada estágio no desenvolvimento do produto ou serviço, tais como: pesquisa de mercado; pesquisa básica; invenção; concepção; teste do protótipo; teste do produto final ou do serviço; serviço pós venda e solução de problemas. O autor ainda enfatiza que o objetivo do método é coordenar as atividades interfuncionais e habilidades dentro da organização, pois, isso resulta em produtos e serviços projetados, produzidos e comercializados de tal modo que os clientes desejem comprá-los e continuar comprando.

Ishikawa (1984 apud MARCOS, 2001), enfatiza que tão ou mais importante do que produzir com qualidade é oferecer ao cliente o que ele deseja, atender suas expectativas e, se possível, superá-las.

Segundo Akao (1996), o QFD busca resolver as falhas de desenvolvimento de produtos ainda na fase de projeto, diferente do modelo de solução de problemas após o início da produção, o que gera grandes despesas.

Cheng e Melo Filho (2007) e Akao e Manzur (2003), relatam que são diversos os benefícios comprovados com a aplicação do QFD, tais como: redução do tempo de desenvolvimento de produtos; redução do número de mudanças de projeto; redução das reclamações dos clientes; redução de custos e perdas; melhoria da comunicação entre setores interfuncionais; redução de transtornos e mal estar entre funcionários; maior capacidade de retenção do conhecimento tecnológico da empresa.

Cavernalli e Miguel (2007), num trabalho sobre revisão, análise e classificação da literatura sobre QFD, referente ao período de 2000 a 2006, verificaram que a maioria dos benefícios da aplicação do método são intangíveis e relacionados à melhoria na condução do projeto tais como: melhorar a comunicação; criar equipes multifuncionais; aumentar e preservar o conhecimento dentro da empresa.

Carvalho (1997), ressalta que o QFD trouxe uma inversão no processo de desenvolvimento de novos produtos. Tradicionalmente, é a engenharia, com base em suas próprias aptidões, que direciona ("empurra") as atividades de desenvolvimento. No QFD, o

processo é desencadeado pelas necessidades reais do consumidor, orientando ("puxando") tais atividades. A lógica de funcionamento é aproximar produtores e consumidores, como antigamente o artesão conhecia os desejos de sua clientela. Govers (2001), também aborda o QFD sob esse aspecto, e diz que as relações entre as necessidades dos consumidores e as características do projeto (características da qualidade do produto) são as forças que guiam o método.

De acordo com Guazzi (1999), o QFD envolve a quebra dos conceitos tradicionais, transcendendo os paradigmas existentes, criando um terreno fértil para o conceito de "learning organizations" (organizações que aprendem), ele rompe o raciocínio tradicional de resposta direta aos problemas que o ambiente traz, para um raciocínio superior que busca a geração de idéias inovadoras capazes de colocar a empresa à frente de seu mercado.

Segundo Oakland (1994), devido ao QFD ser baseado em consenso, promove o trabalho em grupo e cria comunicação nas interfaces funcionais, ao mesmo tempo que identifica e prioriza as ações necessárias. Assim, o método deve conduzir a uma "visão global" do processo de desenvolvimento por meio da consideração de todos os detalhes.

O QFD é um método indutor da busca e da integração de conhecimentos das áreas funcionais da empresa, como também de métodos e técnicas de alta relevância para o processo de robustecimento do sistema de desenvolvimento de produto (CHENG; MELO FILHO, 2007).

2.3.2 A Matriz da Qualidade

A Matriz da Qualidade também é conhecida como Casa da Qualidade, do inglês "House of Quality", por Hauser e Clausing (1988). A Matriz, dentro do método QFD, é a ferramenta utilizada para transformar as informações do mundo do cliente em informações do mundo da tecnologia (CHENG; MELO FILHO, 2007).

A Matriz da Qualidade é geralmente a primeira etapa no desenvolvimento do QFD. Ela pode ser definida como a matriz que tem por finalidade executar o projeto da qualidade, sistematizando as verdadeiras qualidades exigidas pelos clientes por meio de expressões linguísticas, mostrando a correlação entre essas expressões e as características da qualidade do produto. Ela converte a importância atribuída aos itens da qualidade exigida, obtida no

planejamento da qualidade, para os itens de características da qualidade que devem ser projetados (CHENG; MELO FILHO, 2007).

Segundo Cristiano, Liker e III White (2000), a Matriz da Qualidade é responsável por identificar as necessidades dos clientes, definir as prioridades, traduzir essas necessidades em especificações de projeto e definir o valor dessas especificações para satisfazer as necessidades dos clientes.

Na fase de construção da matriz, as exigências dos consumidores são traduzidas em características de projeto com base em pesquisas de mercado e experiências passadas (GOVERS, 2001).

Alguns autores citam que a Matriz da Qualidade é a principal e mais conhecida ferramenta do método QFD (SHIN; KIM; CHANDRA, 2002) (OLEWNIK; LEWIS, 2008). Cavernalli e Miguel (2007) relatam que na maioria das aplicações de QFD, a construção da matriz é a única etapa realizada.

Na Figura 1 é apresentado um modelo genérico da Matriz da Qualidade, adaptada de Govers (1996) e Cheng e Melo Filho (2007). Ela demonstra, passo a passo, uma sequência de construção e desenvolvimento da matriz.

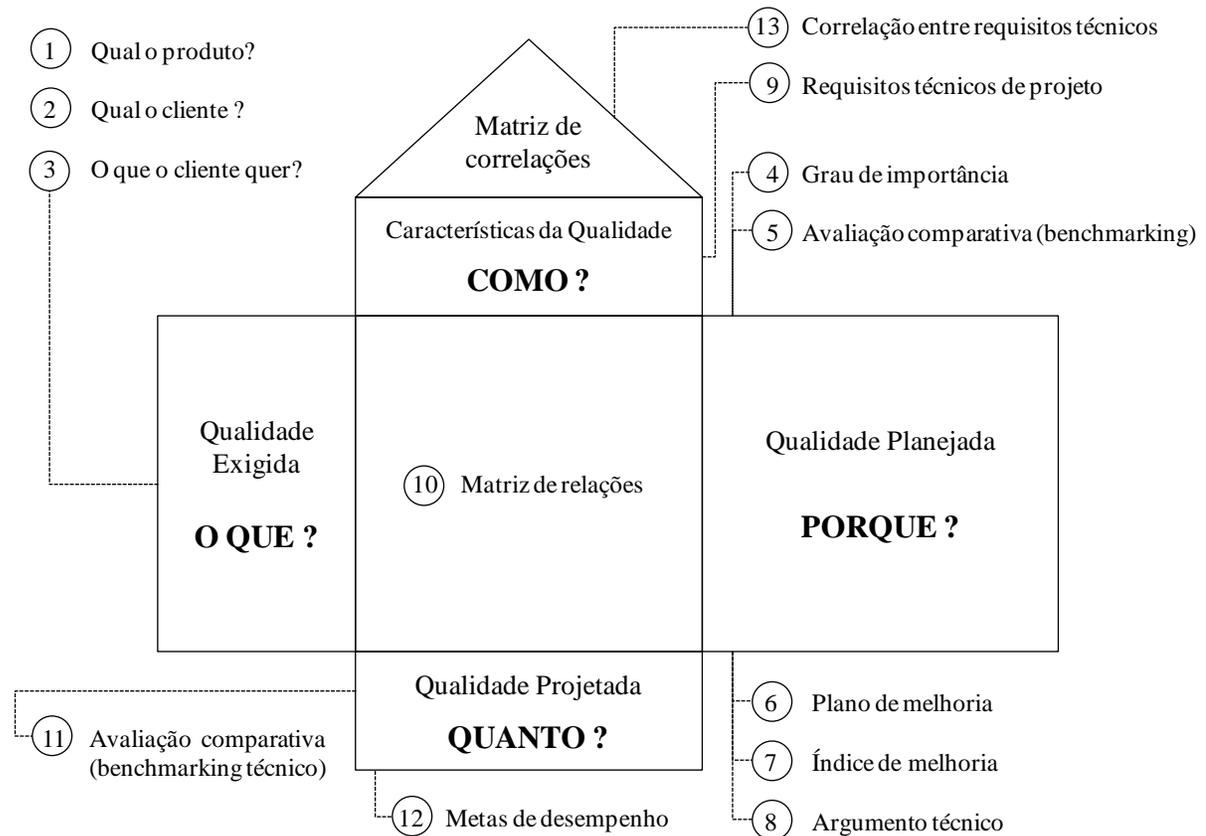


Figura 1 – Matriz da Qualidade e suas etapas de construção (adaptado de Govers (1996) e Cheng e Melo Filho (2007))

Durante a definição de um projeto de QFD, primeiramente, é necessário selecionar uma equipe responsável pelo desenvolvimento método. Essa equipe deve conter entre seis a oito integrantes, e não ser restrita a um único departamento dentro da organização. Ela deve ter um perfil multifuncional, formada por profissionais experientes e de níveis hierárquicos próximos (GOVERS, 1996).

Govers (1996) observa que ao iniciar o projeto de QFD, os membros da equipe de desenvolvimento do método devem estar de acordo em relação a algumas questões:

- Qual produto ou características do produto serão o foco do trabalho?;
- Quem será considerado como cliente?;
- Qual produto concorrente deve ser usado como referência na avaliação do produto em desenvolvimento?

Esclarecidas tais questões, inicia-se então a construção da Matriz da Qualidade, e a primeira etapa a ser realizada é a da qualidade exigida (“O que?”). Nessa etapa, a voz do cliente é traduzida em características da qualidade do produto. Essas características representam os desejos

dos clientes, e devem ser baseadas na linguagem deles, de forma clara e objetiva (OLEWNIK; LEWIS, 2008) (HAN et al., 2001). De acordo com diversos autores, existem varias formas de se ouvir a voz dos clientes, dentre elas: pesquisas de mercado; entrevistas; questionários; reclamações; documentação interna da organização; conhecimentos e experiências de pessoas dentro da empresa (GOVERS, 1996) (CHENG; MELO FILHO, 2007) (HAN et al., 2001) (AKAO, 1996) (OLEWNIK; LEWIS, 2008). Cavernalli e Miguel (2007) destacam a utilização de fontes bibliográficas, como a forma de obtenção de informações mais utilizada não só na construção da qualidade exigida, como também nas demais fases do QFD.

Definida a qualidade exigida, a próxima etapa a ser estabelecida é a da qualidade planejada, a qual prioriza as exigências do cliente de acordo com a importância a elas atribuídas. Nessa etapa, existem dois pontos de vista analisados: primeiro o do cliente, em relação ao grau de importância que ele atribui a cada item da qualidade exigida, e à avaliação comparativa do produto em relação aos concorrentes (benchmark). O segundo ponto é o da própria organização, baseado no ponto de vista do cliente, estabelece estratégias (plano de melhoria, índice de melhoria, argumento técnico) para definir quais características o novo produto fornecerá aos clientes, visando satisfazer suas exigências (CHENG; MELO FILHO, 2007).

A próxima etapa a ser cumprida é a determinação das características da qualidade (“Como?”). Segundo Govers (1996), essa etapa é o coração do método QFD, na qual os desejos dos clientes são traduzidos em requisitos técnicos de projeto. Cheng e Melo Filho (2007) denominam essa etapa de processo de extração, e relatam que para cada característica da qualidade exigida, deve-se identificar características da qualidade (especificações técnicas de projeto) que podem ser medidas no produto final, características que permitam avaliar no produto o atendimento às exigências dos clientes.

Na matriz de relações, como o próprio sugere, são estabelecidas as relações entre as características da qualidade exigida (“O que?”) e os requisitos técnicos (“Como?”), as quais tradicionalmente são atribuídas intensidades forte, média, fraca ou inexistente (HAN et al., 2001). Os itens da qualidade exigida determinam o número de linhas da matriz e os requisitos técnicos o número de colunas, de forma que a equipe de desenvolvimento visualize as relações de causa e efeito de cada requisito técnico com todas as exigências dos clientes (CHENG; MELO FILHO, 2001). Segundo Govers (1996), a matriz de relações permiti cruzar as informações e verificar a

existência de uma linha ou coluna em branco, o que representa uma tradução do “O que?” em “Como?” inadequada.

A definição da qualidade projetada (“Quanto?”) inicia-se com o processo de conversão, que traduz a importância (prioridades) das qualidades exigida para as características da qualidade. De acordo com Cheng e Melo Filho (2007), esse é um dos processos mais importantes na construção da matriz, pois, por meio dele é que a importância atribuída pelos clientes a cada qualidade exigida é transferida às características da qualidade, determinando as prioridades para o projeto técnico. Definidas as prioridades entre os requisitos técnicos e com base nas informações do benchmarking técnico, segundo Govers (1996), a equipe do QFD pode estabelecer os objetivos e metas do projeto para atender as exigências dos clientes em relação ao produto.

A matriz de correlações estabelece a interdependência entre as características da qualidade (GOVERS, 1996). Considerada como uma matriz auxiliar, ela ajuda a equipe nas decisões relativas à definição das metas de desempenho. Por meio de interações fortemente positivas, positivas, fortemente negativas e negativas, defini-se como a alteração de uma característica interfere no comportamento da outra (CHENG; MELO FILHO, 2007).

2.3.3 Aplicações do QFD no agronegócio.

Chan e Wu (2002) realizaram um trabalho de revisão de literatura abrangendo 650 publicações sobre QFD. Os autores relatam que, inicialmente, as áreas funcionais do QFD se limitavam a análise das necessidades dos clientes e ao desenvolvimento de produtos. Mais tarde, suas funções se expandiram para áreas como planejamento, projetos, engenharia, administração, financeira, dentre outras. Atualmente, o autor enfatiza que não há limites para as áreas com potencial de aplicação do método. Empresas de diversos setores utilizam o método, dentre os quais se destacam: comunicação e transporte; eletro eletrônicos; softwares; serviços; pesquisa e educação.

Cavernalli, Sassi e Miguel (2004), com o objetivo de avaliar a extensão do uso do QFD no Brasil, baseados no trabalho de Miguel (2003) que realizou um levantamento sobre a utilização do método em 500 grandes empresas brasileiras, verificaram que a maioria das empresas (60% dos casos) iniciaram a implantação do QFD após a metade da década de 90, tendo no máximo 6

anos de experiência. Segundo os autores, os principais motivos que levaram as empresas a implantarem o QFD foram: melhoria do processo de desenvolvimento de produto, decisão a partir do conhecimento de suas vantagens, e o aumento da satisfação dos clientes. Também verificaram que 70% delas utilizam o QFD para desenvolver produtos, 15% para o desenvolvimento de produtos e processos, e 10% apenas para o desenvolvimento de processos. Cristiano, Liker e III White (2000), em pesquisa similar com 400 empresas japonesas e norte americanas, verificaram a utilização do QFD no desenvolvimento de serviços, softwares, e melhoria de processos.

Há aproximadamente dez anos, no Brasil, verifica-se a utilização do QFD no ramo do agronegócio, em que suas aplicações estendem-se do desenvolvimento de produtos e equipamentos a melhoria de processos e serviços agrícolas e florestais.

Luciano (1998), utilizou o QFD no desenvolvimento de uma semeadora adubadora por covas para o sistema de plantio direto, acoplável a tratores de rabiça, com características técnicas adequadas a tecnologia acessível a pequenos produtores rurais. O projeto foi dividido em 5 etapas, que abrangiam desde a concepção do produto aos testes de campo e avaliações de desempenho. O QFD foi utilizado na primeira etapa do projeto, em que, com base nos levantamentos de equipamentos existentes no mercado, desenvolvidos por instituições de pesquisa, e na caracterização de parâmetros agrícolas envolvidos na semeadura, serviu como ferramenta de apoio para elaboração das especificações técnicas do projeto, fornecendo a base para realização das etapas subsequentes e sucesso do projeto.

Castaldo (1999), utilizando metodologia semelhante à utilizada por Luciano (1998), desenvolveu, construiu e testou um protótipo de picador para coberturas vegetais acoplável a tratores de rabiça. Buscando atender as necessidades de pequenos produtores rurais do Estado de Santa Catarina, com um equipamento de pequeno porte e baixo custo, utilizou o QFD como ferramenta de apoio a tomada de decisão, e obteve como resultado um equipamento com potencial para comercialização, dos pontos de vista operacional e econômico.

Guazzi (1999), testou a aplicabilidade do QFD como ferramenta de melhoria contínua do grau de satisfação de clientes internos (cooperados) em três cooperativas agropecuárias no Estado do Paraná, de tamanhos e localização diferentes. As exigências dos cooperados das três empresas foram coletadas por meio de entrevistas de campo e analisadas em conjunto, sem distinguir à qual cooperativa um determinado cliente pertencia, caracterizando dessa forma um único perfil de

cliente. O autor conclui que os resultados alcançados permitiram proporcionar uma maior satisfação aos cooperados, porém, ressalta a importância da coleta e tratamento dos dados da pesquisa de campo (entrevistas) para que os objetivos do método sejam alcançados.

Mazzeto (2000), utilizou o QFD no desenvolvimento de sistemas modulares para melhoria da mecanização agrícola conservacionista em pequenas propriedades, no estado de Santa Catarina. Para definir o conceito do projeto, o autor levantou os desejos e as necessidades dos futuros clientes e concluiu que a metodologia utilizada mostrou-se adequada ao desenvolvimento de sistemas modulares, e que quando testado e comparado a um produto comercial similar, o equipamento desenvolvido apresentou vantagens como: maior facilidade de operação, funcionamento e redução de peso, dentre outras. Seu trabalho também serviu como base para Arend, Forcellini e Weiss (2005), em trabalho semelhante.

Veiga (2001), também utilizou o QFD, dentre outros métodos, como ferramenta de apoio a decisão no desenvolvimento de uma máquina para o transplante de mudas de cebola em sistema de plantio direto, com o objetivo de atender as necessidades de pequenos produtores de Santa Catarina e solucionar dois dos principais problemas das regiões produtoras: mão de obra e erosão hídrica dos solos.

Para atender as exigências do consumidor e reduzir as perdas pós colheita, Marcos e Jorge (2002), avaliaram o potencial de uso e aplicabilidade do QFD no desenvolvimento do tomate de mesa comercializado numa rede de supermercados. Dentre as etapas de realização do trabalho, utilizaram a matriz da qualidade para estabelecer os padrões de proposta do novo produto e posteriormente avaliaram a satisfação dos clientes em relação ao lote piloto do tomate desenvolvido, em que, constataram a preferência dos consumidores ao novo tomate em relação ao concorrente. Os autores relatam que um dos aspectos que mais chamou atenção em relação ao método QFD foi sua capacidade de fazer interagir as áreas interfuncionais, e os resultados alcançados foram bastante efetivos em relação as perdas, uma vez que evitou que produtos de má qualidade chegassem aos consumidores.

Carrafa (2002), utilizou o método QFD com o objetivo de desenvolver, construir e testar uma máquina transplantadora de mudas de cebola, fumo, repolho e tomate. Por meio da matriz da qualidade, hierarquizou e estabeleceu as especificações técnicas do projeto de acordo com as exigências dos clientes, tais como: funcionalidade, manutenção, segurança, ergonomia, custos. O autor conclui que após a construção da máquina, os testes de campo apresentaram resultados

bastante satisfatórios, principalmente em relação ao novo conceito desenvolvido para o dosador de mudas e ao posicionamento das mudas.

Thomas (2003), aplicou o QFD no desenvolvimento de um sistema de medição de deformações em máquinas agrícolas, nesse caso, semeadoras. A matriz da qualidade, por meio de um software comercial, foi utilizada para auxiliar na definição da metodologia de medição de deformações que atendesse as exigências dos clientes (engenheiros). As exigências de maior importância para os engenheiros foram o custo de implantação do método e a sensibilidade de presença ao pó. O estudo demonstrou que nenhuma das metodologias consideradas isoladamente atendia a todos os requisitos dos engenheiros, mas possibilitou a escolha de duas metodologias que mais se adequavam às exigências.

Milan, Barros e Gava (2003), com o objetivo de definir as prioridades do preparo de solo para atender as exigências das mudas de *eucalyptus* spp, utilizaram o método QFD no planejamento da qualidade do preparo mecanizado do solo na implantação de florestas. Os resultados mostraram que os parâmetros da qualidade exigida pelas mudas foram não possuir limitações físicas ao preparo e nem restevas, e os requisitos técnicos largura, profundidade de sulco e tamanho de torrões foram os mais importantes para atender as demandas das mudas. Os autores concluíram que o QFD é uma técnica que tem potencial de aplicação nas áreas florestal e agrícola, para identificar e traduzir as demandas das culturas em requisitos técnicos.

Cortés (2005), avaliou o potencial de uso e aplicabilidade do QFD para caracterizar a qualidade na agroindústria de frutas orgânicas. Por meio do método, foram identificados os desejos e necessidades dos consumidores, e foi avaliado o desempenho do produto em desenvolvimento (polpa congelada de manga) para cada item da qualidade e o desempenho dos dois produtos concorrentes selecionados (suco de fruta natural e suco concentrado para diluir). Foi estabelecido que o conceito do produto com base nas exigências dos consumidores, consistiu em “uma polpa congelada orgânica para a elaboração de suco, isenta de químicos e agrotóxicos, com alto valor nutricional, excelente aparência e embalagem higiênica com preço acessível a todos os consumidores”. Ao final do trabalho, concluiu-se que a manga orgânica a ser industrializada como polpa congelada terá condições de se igualar aos produtos concorrentes em relação aos parâmetros de desempenho inferior, e ainda poderá usar como argumento de venda especial nas suas estratégias de marketing itens como “ser nutritivo”, “menor preço” e “livre de químicos e agrotóxicos”. Nesse trabalho, segundo a autora, pode-se constatar que o QFD permite

que as empresas, independente do porte, planejem a qualidade de seus produtos e obtenham benefícios.

Aplicando o QFD à produção de mudas de café, junto a Cooperativa dos Cafeicultores da Região de Marília (Coopemar), no interior paulista, Nagumo (2005), por meio de entrevista a cooperados e clientes de mudas, identificou que os itens da qualidade exigida mais importantes foram: prazo de entrega, enxerto bem feito, preço acessível e condições de pagamento. Em reunião com equipe técnica formada por especialistas (engenheiros, técnicos e cafeicultores), as exigências dos clientes foram traduzidas em requisitos técnicos, dos quais destacaram-se: estado nutricional, massa seca da parte aérea e das raízes, altura da planta e diâmetro do caule. Juntamente com ferramentas da qualidade, como controle estatístico de processos, foi possível identificar e propor melhorias para a obtenção da muda de café com atributos da planta e dos serviços intrínsecos, de acordo com as exigências dos clientes.

Carrafa (2007) utilizou o QFD no desenvolvimento de um sistema para processamento pós colheita (limpeza) de bananas destinadas à exportação, no estado de Santa Catarina. Por meio da matriz da qualidade, com o auxílio de um programa computacional, hierarquizou os requisitos do projeto, o que permitiu o estabelecimento das especificações do produto em parâmetros quantitativos e mensuráveis.

Miguel et al. (2007) aplicaram o QFD para traçar o perfil dos consumidores de abacaxi pérola quanto às preferências, exigências, reclamações e comportamento de compra. Foram entrevistados individualmente 85 consumidores, em sua maioria mulheres, aleatoriamente, sem privilegiar qualquer grupo de consumidor. O autor verificou que 80,1% dos clientes entrevistados apresentaram-se insatisfeitos, e concluiu que o método foi eficiente para revelar que os consumidores buscam frutas sem defeitos, de tamanho médio a grande, maduras, firmes, suculentas, com boa aparência interna, coloração amarelada ou verde amarelada, baixa acidez e sabor doce. Dessa forma, foi possível identificar os pontos que devem ser melhorados dentro da cadeia de comercialização, a fim de minimizar as perdas e promover a melhoria e manutenção da qualidade do produto final.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido durante o segundo semestre do ano de 2008, na usina Pioneiros Bioenergia S.A., situada no município de Sud Mennuci, no estado de São Paulo. A empresa processou na safra de 2007/2008 um total de 1,35 milhões de toneladas de cana de açúcar e seus principais produtos são: açúcar, álcool e cogeração de energia elétrica a partir da queima do bagaço da cana.

A empresa começou a realizar o plantio mecanizado nos últimos dois semestres que antecederam o desenvolvimento do trabalho, portanto, o sistema ainda encontrava-se em fase de implantação.

3.1 Processo de plantio mecanizado de cana de açúcar

O sistema de plantio considerado no desenvolvimento do trabalho envolveu somente as etapas que compõem o processo de plantio mecanizado, desde as operações de corte, carregamento e transporte das mudas ao plantio propriamente dito (Figura 2). Não foram abordados processos anteriores como o preparo de solo e a sistematização da área a ser plantada, os quais seriam os fornecedores do processo de plantio. Considerou-se que esses processos foram executados de forma adequada e as suas qualidades garantidas de acordo com as exigências do plantio.



Figura 2 – Etapas que compõem o processo de plantio mecanizado e processos fornecedores

Em relação às particularidades do plantio mecanizado realizado na usina, a etapa de corte e carregamento de mudas é realizada por colhedoras automotrizes de cana picada, equipadas com acessórios especiais para essa operação, a fim de reduzir os danos mecânicos causados às mudas. O transporte de mudas é feito por caminhões transbordo, com caçambas basculantes. E, por fim, a

etapa de plantio é realizada por plantadoras mecânicas de cana picada, de arrasto, tracionadas por tratores agrícolas, equipadas com sistemas de distribuição de fertilizantes e defensivos agrícolas e plantam duas fileiras de plantas por vez.

3.2 Desenvolvimento do método QFD

A aplicação do QFD nesse trabalho foi realizada com base nas metodologias descritas e propostas por Cheng e Melo Filho (2007) e Govers (1996). Ela se caracteriza por ser uma adaptação do método na busca da melhoria de um processo agrícola. A aplicação do método se restringiu a construção da matriz da qualidade, a fim de estabelecer um conceito de qualidade de plantio com base no conhecimento dos integrantes da equipe de desenvolvimento do QFD e na bibliografia existente relacionada ao assunto.

Para o desenvolvimento do método, o trabalho foi dividido em etapas, de acordo com a sequencia proposta pela metodologia para a construção da matriz da qualidade, Figura 3:

- Etapa 1 – Formação da equipe técnica de desenvolvimento do QFD;
- Etapa 2 – Qualidade exigida;
- Etapa 3 – Qualidade planejada;
- Etapa 4 – Características da qualidade;
- Etapa 5 – Matriz de relações;
- Etapa 6 – Qualidade projetada;
- Etapa 7 – Matriz de correlações.

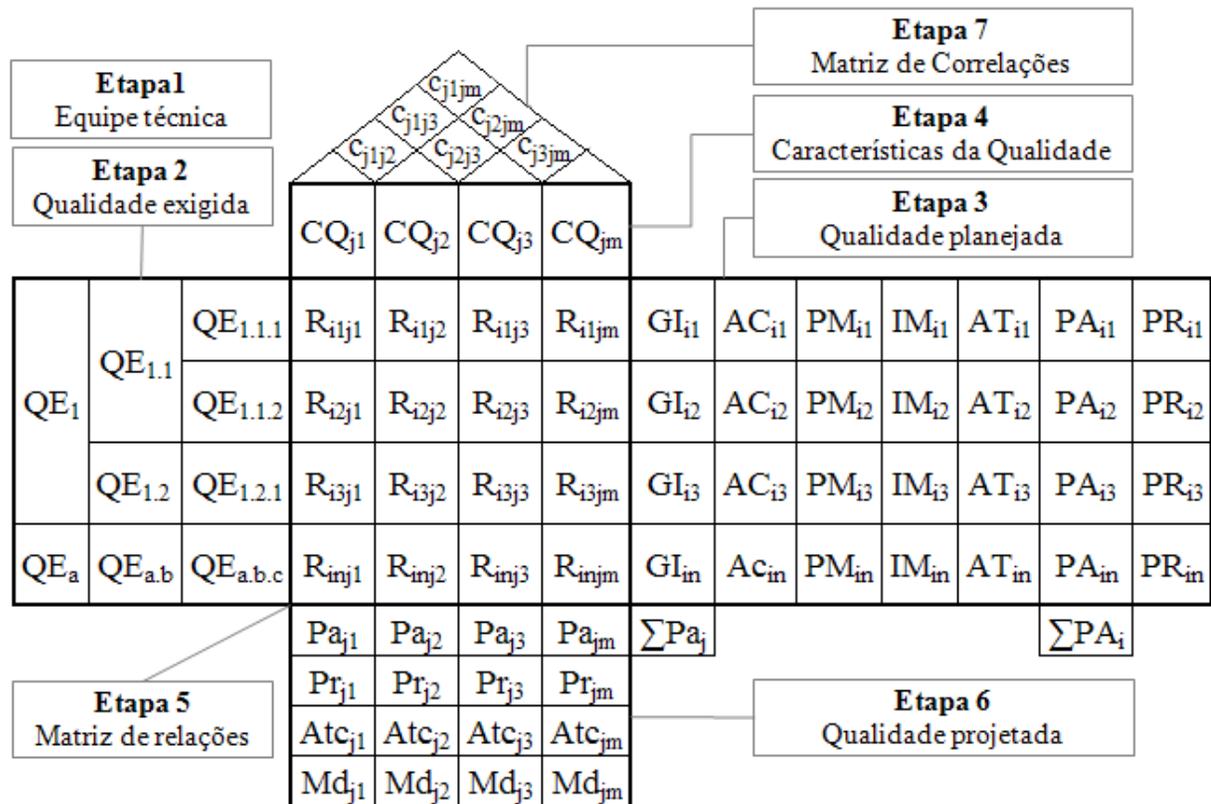


Figura 3 – Matriz da qualidade dividida em etapas, demonstrando sua sequencia de construção

Todas as etapas foram realizadas por meio de reuniões com a equipe de desenvolvimento do QFD e moderadas pelo autor, dentro da própria empresa.

3.2.1 Etapa 1 - Formação da equipe técnica de desenvolvimento do QFD

Antes de iniciar a construção da matriz da qualidade, formou-se uma equipe técnica composta por seis engenheiros, gerentes e coordenadores do setor agrícola da empresa (Figura 4).

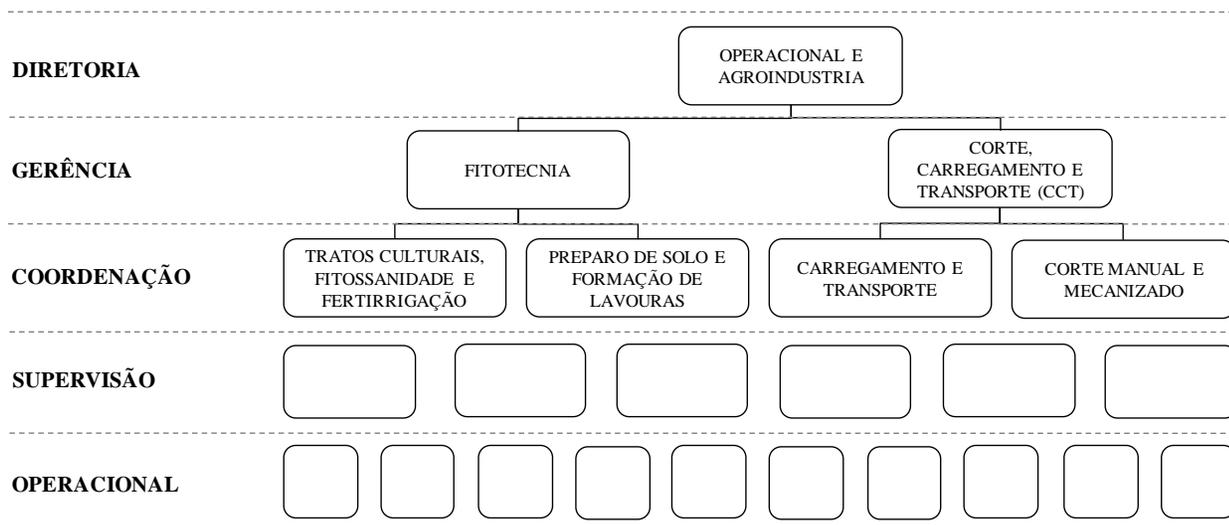


Figura 4 – Organograma resumido demonstrando os cargos e níveis hierárquicos dos integrantes da equipe de desenvolvimento do QFD

Todos os integrantes da equipe, no âmbito de suas funções, estavam envolvidos de forma direta ou indireta com o processo de plantio mecanizado.

3.2.2 Etapa 2 – Elaboração da tabela de desdobramento das qualidades exigidas (QE)

Nessa etapa, por meio de um processo de desdobramento da qualidade, estabeleceu-se a qualidade exigida pela usina (cliente) em relação ao plantio mecanizado. Para tal, levantou-se uma série de informações, itens necessários para se alcançar a qualidade no plantio, com base na bibliografia e nas necessidades da empresa.

Primeiramente, realizou-se uma pesquisa bibliográfica para levantar informações sobre os atributos da qualidade do plantio de cana de açúcar. As informações foram organizadas utilizando um diagrama de afinidades e posteriormente hierarquizadas num diagrama de árvore até o nível terciário, que originou a primeira versão da tabela de desdobramento das qualidades exigidas (Figura 5). Essa tabela, elaborada a partir da pesquisa bibliográfica, teve como objetivo criar um conceito global sobre qualidade de plantio de cana de açúcar, segundo o ponto de vista acadêmico, de pesquisadores e instituições de pesquisa que realizaram trabalhos referentes ao plantio e a cultura de forma geral.

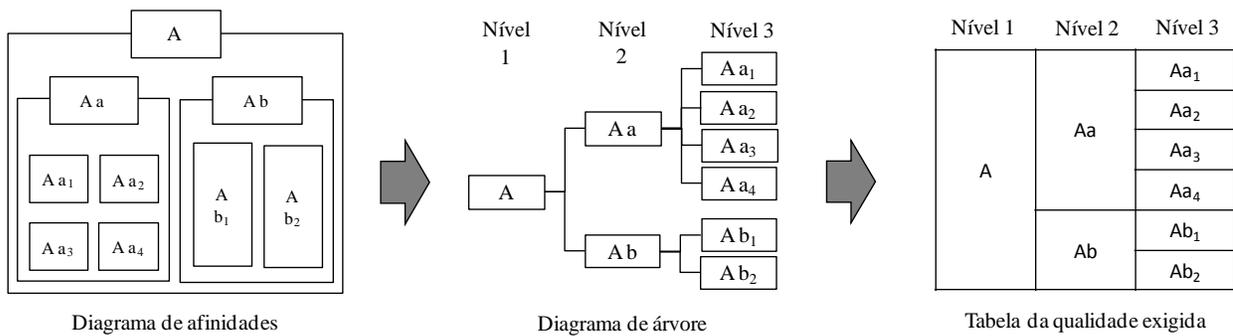


Figura 5 – Procedimento de construção da tabela de desdobramento das qualidades exigidas

Posteriormente, a primeira versão da tabela de qualidade exigida foi apresentada em reunião à equipe técnica para ser discutida e validada. Nesse momento, a equipe verificou se a tabela representava adequadamente a qualidade que a empresa desejava do plantio (“O que?”). Foram realizadas alterações, com a exclusão e inclusão de itens, de acordo com os desejos do cliente e características particulares do sistema de plantio já existente, estabelecendo assim, a versão definitiva da tabela.

A pesquisa bibliográfica prévia, serviu não somente para expor o ponto de vista da pesquisa científica em relação ao plantio de cana, como deu suporte às discussões entre a equipe técnica, uma vez que o plantio mecanizado era um processo recente na empresa.

3.2.3 Etapa 3 - Definição da qualidade planejada

A qualidade planejada, de forma geral, expressa as prioridades da empresa em relação às exigências da qualidade. Ela foi definida a partir da análise sistemática de fatores relacionados a cada item da qualidade exigida, os quais são: grau de importância, avaliação comparativa, plano de melhoria, índice de melhoria, argumento técnico, pesos absolutos e relativos.

Os fatores grau de importância, avaliação comparativa, plano de melhoria e argumento técnico foram obtidos por meio de formulários, preenchidos individualmente por cada integrante da equipe técnica (Figura 6). Nesse formulário, os integrantes da equipe atribuíram notas (valores numéricos) para cada fator em relação a todos os itens da qualidade exigida, assinalando com um “X” a quadrícula desejada.

técnico foram analisados e atribuiu-se um valor para cada item. Com auxílio de uma planilha eletrônica obteve-se a moda e a média de cada item. O valor considerado foi a moda e em caso de empate utilizou-se a média.

Definidos os valores para o grau de importância, a avaliação comparativa e o plano de melhoria, calculou-se o fator índice de melhoria. O fator foi obtido pela relação entre o plano de melhoria e a condição atual da empresa descrita na avaliação comparativa, como mostra a eq. (1).

$$IM_i = \frac{PM_i}{AC_i} \quad (1)$$

Em que,

IM_i = Índice de melhoria;

PM_i = Plano de melhoria;

AC_i = Avaliação comparativa.

Posteriormente foram calculados os pesos absolutos e relativos, eq. (2) e eq. (3) respectivamente, os quais apresentam o resultado final da etapa da qualidade planejada, em que, os maiores valores representam as prioridades da qualidade exigida.

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

Em que,

PA_i = Peso absoluto dos itens da qualidade exigida

GI_i = Grau de importância

AT_i = Argumento técnico

$$PR_i = \left(\frac{PA_i}{\sum_{i=1}^n PA_i} \right) \cdot 100 \quad (3)$$

Em que,

PR_i = Peso relativo dos itens da qualidade exigida

3.2.4 Etapa 4 - Extração das características da qualidade (CQ)

As características da qualidade foram obtidas primeiramente junto à equipe técnica por meio da técnica denominada *brainstorming* (“tempestade de idéias”). Perguntou-se a equipe: “**Como**, por meio de itens mensuráveis (indicadores), as exigências da qualidade do plantio mecanizado podem ser alcançadas?”; “**Como** é possível verificar ou controlar, em números, cada item da qualidade exigida?”. Cada integrante tinha em mãos uma folha de papel em branco, onde anotava qualquer sugestão ou idéia referente às perguntas realizadas.

As informações extraídas da equipe foram organizadas utilizando o diagrama de afinidades e hierarquizadas num diagrama de árvore, que originou a primeira versão da tabela de características da qualidade do plantio mecanizado.

Em seguida, para complementar a tabela de características da qualidade, buscou-se na bibliografia outros indicadores, unidades de medida e desempenho desejado relacionados a cada característica. Essas informações foram adicionadas à primeira versão da tabela, apresentadas e validadas com a equipe. O desempenho desejado de cada característica foi representado na matriz da qualidade pelos símbolos apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Símbolos que expressam o desempenho desejado das características da qualidade

Desempenho	Símbolos
Quanto maior melhor	↑
Quanto menor melhor	↓
Quanto maior melhor, mas possui um limite	↑̄
Quanto menor melhor, mas possui um limite	↓̄
Possui um limite especificado	↑̄↓̄

3.2.5 Etapa 5 - Definição da matriz de relações

Nessa etapa foram estabelecidas todas as possíveis relações entre os itens da qualidade exigida (O que?) e as características da qualidade (Como?), assim como suas intensidades.

Por meio de formulários preenchidos individualmente, os integrantes da equipe classificaram as relações em: forte, média, fraca ou inexistente, as quais se atribuíram pesos e símbolos conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 – Relações, pesos e símbolos que compõem a matriz de relações

Relações	Pesos (R)	Símbolos
Forte	9	⊙
Média	3	○
Fraca	1	△
Inexistente	vazio	

As informações contidas nos formulários foram transferidas e agrupadas numa planilha eletrônica e analisadas de acordo com os seguintes critérios:

- Foram consideradas apenas relações que receberam pesos 9, 3 ou 1 de mais de 50% dos integrantes da equipe;
- Considerou-se, como definitivo, a moda de todos os pesos atribuídos pela equipe a uma mesma relação;
- Em caso de empate, admitiu-se o valor da moda que estivesse mais próximo da média dos pesos.

3.2.6 Etapa 6 - Definição da qualidade projetada e estabelecimento de metas de desempenho

Primeiramente, calcularam-se os pesos absoluto e relativo para cada característica da qualidade, eq. (4) e eq. (5) respectivamente, os quais foram posteriormente classificados em ordem decrescente. Os cálculos utilizados para obter os pesos absolutos e relativos da qualidade projetada também são denominados de processo de “conversão”.

$$Pa_j = \sum_{i=1}^n (R_{ij} \cdot PR_i) \quad (4)$$

Em que,

Pa_j = Peso absoluto das características da qualidade

R_{ij} = peso da relação

$$Pr_j = \left(\frac{Pa_j}{\sum_{j=1}^m Pa_j} \right) \cdot 100 \quad (5)$$

Em que,

Pr_j = Peso relativos das características da qualidade

Utilizando o diagrama de Pareto, foram consideradas como prioridades as características da qualidade que representavam, em ordem decrescente, aproximadamente 80% dos pesos relativos. Essas prioridades foram apresentadas em reunião à equipe técnica, que em consenso, realizaram a avaliação técnica comparativa (Atc) e estabeleceram as metas de desempenho (Md).

Nessa etapa, a avaliação técnica comparativa não foi realizada como anteriormente na etapa da qualidade planejada. Dessa vez, perguntou-se a equipe quais as condições reais e ideais das características da qualidade e, finalmente, com base nessas informações foram estabelecidas as metas de desempenho.

3.2.7 Etapa 7 - Construção da matriz de correlações

Na matriz de correlações, também conhecida como matriz auxiliar ou telhado da casa da qualidade, foram estabelecidas as correlações que expressam a interdependência entre as características da qualidade. Elas foram divididas em grau (forte e normal) e sentido (positivo e negativo) de acordo com o desempenho desejado de cada característica. As correlações e os símbolos que as representam são apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3 – Correlações e símbolos que compõem a matriz de correlações

Correlações	Símbolos (c)
Fortemente Positiva	++
Positiva	+
Fortemente Negativa	#
Negativa	-

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 7 é apresentada uma visão parcial e segmentada da matriz da qualidade, demonstrando sua estrutura básica e partes de cada etapa de construção. A versão completa da matriz pode ser visualizada no Anexo A.

Os resultados serão abordados separadamente, com visões parciais da matriz da qualidade, conforme suas etapas de construção. Primeiramente, serão apresentados os itens que compõem as exigências da qualidade do plantio e suas prioridades, que abrangem as etapas 2 e 3. Logo após, as prioridades técnicas do plantio, com as relações entre as características e as exigências da qualidade e as metas de desempenho, que envolvem as etapas 4, 5, e 6. Por fim, serão discutidas as correlações entre as características da qualidade, estabelecidas na etapa 7.

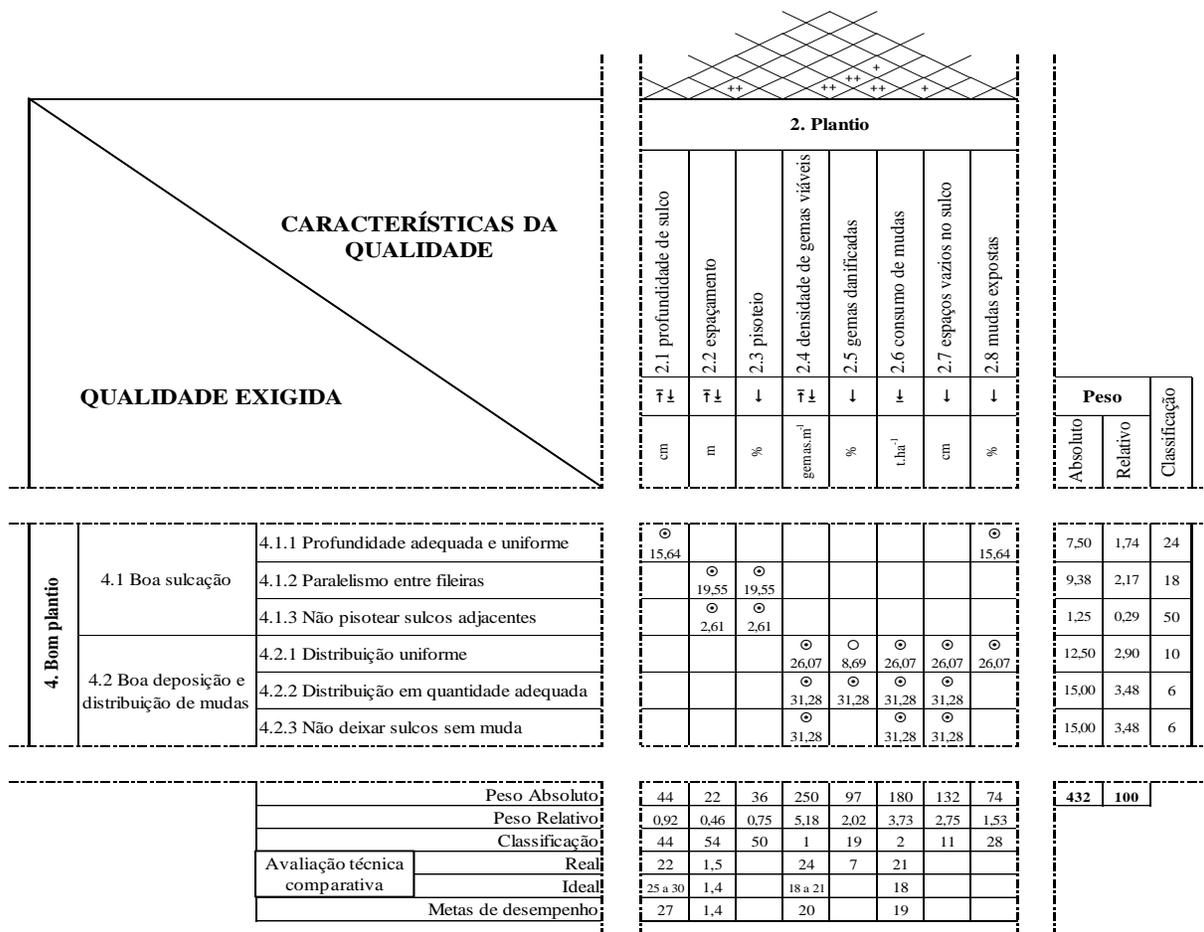


Figura 7 – Visão parcial da matriz da qualidade, demonstrando sua estrutura básica e partes de cada etapa de construção

4.1 Exigências da qualidade do plantio e suas prioridades

A parte horizontal da matriz da qualidade, composta pelas etapas das qualidades exigida (Etapa 2) e planejada (Etapa 3), que apresenta as exigências da qualidade do plantio e suas prioridades, pode ser visualizada na Figura 8.

4.1.1 Qualidade exigida

No lado esquerdo da Figura 8 encontra-se a tabela de desdobramento das qualidades exigidas, a qual é composta por 3 níveis de desdobramentos.

Num primeiro nível, as exigências da qualidade foram divididas em 5 itens ou grupos, os quais seguem a sistemática de planejamento e execução do plantio mecanizado e abrangem desde características do viveiro de mudas até a implantação e desenvolvimento inicial da cultura. Esses itens foram descritos de forma subjetiva, buscando responder a pergunta básica da etapa da qualidade exigida, “O que?”. Assim, o nível primário do desdobramento pode ser interpretado da seguinte forma: Para se realizar um bom plantio mecanizado de cana de açúcar é necessário ter um “Viveiro de mudas de qualidade”, uma “Boa colheita de mudas”, um “Bom transporte de mudas”, um “Bom plantio” e “Qualidade pós plantio”.

																	Avaliação Comparativa		Plano de Melhoria	Índice de melhoria	Argumento técnico	Peso		Classificação
																	Pioneiros	Empresa A				Absoluto	Relativo	
1. Viveiro de mudas de qualidade	1.1 Ter mudas de qualidade	1.1.1 Variedade adequada	5	4	4	5	1,25	1,5	9,38	2,17	18													
		1.1.2 Idade adequada	5	3	4	5	1,67	1,2	10,00	2,32	15													
		1.1.3 Alto índice de gemas viáveis	5	4	4	5	1,25	1,5	9,38	2,17	18													
		1.1.4 Livres de doenças e pragas	4	3	4	4	1,33	1,0	5,33	1,24	35													
		1.1.5 Livre de plantas daninhas	1	3	4	4	1,33	1,0	1,33	0,31	49													
	1.2 Ser adequado a colheita mecanizada	1.2.1 Relevo adequado	3	3	4	4	1,33	1,0	4,00	0,93	39													
		1.2.2 Livre de obstáculos (pedras, tocos, etc.)	3	4	4	5	1,25	1,5	5,63	1,30	33													
		1.2.3 Fileiras e entrefileiras (lombos) bem niveladas	3	3	3	5	1,67	1,5	7,50	1,74	24													
		1.2.4 Plantas não acamadas	1	4	3	4	1,00	1,0	1,00	0,23	52													
		1.2.5 Facilidade de abertura de eito (sem pisoteio)	3	3	3	4	1,33	1,0	4,00	0,93	39													
1.3 Ter boa logística	1.3.1 Próximos à área de plantio	5	2	4	5	2,50	1,5	18,75	4,34	2														
2. Boa colheita de mudas	2.1 Qualidade no corte	2.1.1 Qualidade no corte de base	2	2	4	4	2,00	1,2	4,80	1,11	37													
		2.1.2 Não pisotear fileiras de plantas	3	2	3	4	2,00	1,5	9,00	2,09	22													
		2.1.3 Não arrancar soqueiras	5	3	3	4	1,33	1,2	8,00	1,85	23													
		2.1.4 Baixo nível de perdas de campo	4	2	4	4	2,00	1,2	9,60	2,22	17													
	2.2 Qualidade no processamento	2.2.1 Não danificar gemas	5	4	4	5	1,25	1,5	9,38	2,17	18													
		2.2.2 Boa limpeza de mudas	3	4	4	4	1,00	1,0	3,00	0,70	43													
		2.2.3 Rebolos com comprimento uniforme	4	4	3	4	1,00	1,0	4,00	0,93	39													
		2.2.4 Qualidade de corte de rebolos	4	4	4	5	1,25	1,5	7,50	1,74	24													
		2.2.5 Baixo nível de perdas de campo	2	2	4	5	2,50	1,2	6,00	1,39	31													
	2.3 Desempenho e confiabilidade	2.3.1 Ter bom desempenho operacional	5	2	4	5	2,50	1,5	18,75	4,34	2													
2.3.2 Não interromper o fornecimento de mudas		5	2	4	5	2,50	1,5	18,75	4,34	2														
2.4 Baixo custo	2.4.1 Baixo custo operacional	3	1	4	5	5,00	1,5	22,50	5,21	1														
3. Bom transporte de mudas	3.1 Ser Confiável	3.1.1 Não deixar faltar muda na plantadora	5	2	4	5	2,50	1,5	18,75	4,34	2													
		3.1.2 Não interromper a colheita de muda	3	2	4	5	2,50	1,5	11,25	2,61	13													
	3.2 Ser Eficiente	3.2.1 Eficiência no transporte do viveiro à área de plantio	2	3	4	4	1,33	1,2	3,20	0,74	42													
		3.2.2 Eficiência no abastecimento da plantadora	2	4	4	4	1,00	1,5	3,00	0,70	43													
	3.3 Não perder muda	3.3.1 Ter bom sincronismo com a colhedora	3	4	4	4	1,00	1,5	4,50	1,04	38													
		3.3.2 Não perder muda ao abastecer a plantadora	2	4	4	4	1,00	1,0	2,00	0,46	45													
3.4 Baixo custo	3.4.1 Baixo custo operacional	3	2	4	5	2,50	1,5	11,25	2,61	13														
4. Bom plantio	4.1 Boa sulcação	4.1.1 Profundidade adequada e uniforme	4	4	4	5	1,25	1,5	7,50	1,74	24													
		4.1.2 Paralelismo entre fileiras	5	4	4	5	1,25	1,5	9,38	2,17	18													
		4.1.3 Não pisotear sulcos adjacentes	1	4	4	5	1,25	1,0	1,25	0,29	50													
	4.2 Boa deposição e distribuição de mudas	4.2.1 Distribuição uniforme	5	3	4	5	1,67	1,5	12,50	2,90	10													
		4.2.2 Distribuição em quantidade adequada	4	2	3	5	2,50	1,5	15,00	3,48	6													
		4.2.3 Não deixar sulcos sem muda	4	2	4	5	2,50	1,5	15,00	3,48	6													
		4.2.4 Colocar mudas na posição correta (horizontal)	1	4	4	4	1,00	1,0	1,00	0,23	52													
		4.2.5 Colocar mudas no fundo do sulco	1	5	4	4	0,80	1,0	0,80	0,19	54													
		4.2.6 Não danificar gemas	4	3	4	5	1,67	1,5	10,00	2,32	15													
	4.3 Boa distribuição e aplicação de insumos e defensivos	4.3.1 Aplicação adequada em relação a localização da muda	2	4	4	4	1,00	1,0	2,00	0,46	45													
		4.3.2 Abastecimento rápido e fácil	1	4	4	5	1,25	1,0	1,25	0,29	50													
		4.3.3 Boa autonomia	2	5	4	5	1,00	1,0	2,00	0,46	45													
		4.3.4 Dosagem uniforme	5	4	4	5	1,25	1,0	6,25	1,45	30													
	4.4 Boa cobertura de sulco	4.4.1 Altura de cobertura uniforme	4	4	4	5	1,25	1,5	7,50	1,74	24													
		4.4.2 Não deixar mudas expostas	3	3	3	4	1,33	1,5	6,00	1,39	31													
		4.4.3 Não deixar bolsas de ar entre mudas após a cobertura	2	3	3	5	1,67	1,5	5,00	1,16	36													
	4.5 Desempenho e confiabilidade	4.5.1 Ter bom desempenho operacional	5	3	4	5	1,67	1,5	12,50	2,90	10													
		4.5.2 Não interromper o plantio	4	2	4	5	2,50	1,5	15,00	3,48	6													
4.6 Baixo custo	4.6.1 Baixo custo operacional	4	2	4	5	2,50	1,5	15,00	3,48	6														
5. Qualidade pós plantio	5.1 Boa conservação do solo	5.1.1 Não ter assoramento em sulco	2	4	3	4	1,00	1,0	2,00	0,46	45													
		5.1.2 Não ter erosão	3	4	3	5	1,25	1,5	5,63	1,30	33													
	5.2 Boa brotação e perfilhamento	5.2.1 Não ter falhas	5	3	3	5	1,67	1,5	12,50	2,90	10													
		5.2.2 Brotação homogênia	4	4	4	5	1,25	1,5	7,50	1,74	24													
		5.2.3 Plantas com vigor	4	4	4	5	1,25	1,5	7,50	1,74	24													
												432	100											

Figura 8 – Visão parcial da matriz da qualidade (parte horizontal), apresentando as etapas da qualidade exigida (Etapa 1) e planejada (Etapa 2)

O grupo do item 1 (Viveiro de mudas de qualidade) foi desdobrado basicamente em relação a qualidade das mudas, a adequação do viveiro à colheita mecanizada e a logística de transporte das mudas do viveiro à área de plantio. No item 2 (Boa colheita de mudas) o desdobramento restringiu-se as operações realizadas pela colhedora, como a qualidade do corte e do processamento das mudas, seu desempenho e custo operacional. O item 3 (Bom transporte de mudas) abordou a confiabilidade, a eficiência, a perda de matéria prima e o custo do transporte. Em relação ao item 4 (Bom plantio), o desdobramento envolveu especificamente as características das operações básicas do plantio, realizadas pela plantadora, como, sulcação, distribuição de mudas e insumos, e cobertura dos sulcos, além do desempenho e custo do plantio. Por fim, no item 5 (Qualidade pós plantio) foram consideradas características desejadas após a realização do plantio, em relação a conservação do solo e desenvolvimento inicial da cultura.

Os próximos níveis do desdobramento, secundário e terciário, podem ser interpretados de forma semelhante ao primário, por exemplo: Um “Viveiro de mudas de qualidade” (item 1) deve “Ter mudas de qualidade” (item 1.1). Para se “Ter mudas de qualidade”, elas devem apresentar “Alto índice de gemas viáveis” (item 1.1.3) e ter “Idade adequada” (item 1.1.2). Essa interpretação é válida para todas as exigências da qualidade.

O desdobramento em 3 níveis possibilitou converter as exigências apresentadas de forma subjetiva no nível primário em itens objetivos, que expressam de forma eficaz a qualidade exigida no plantio. Um total de 54 itens da qualidade exigida (nível 3) foram listados. A distribuição desses itens para cada item dos níveis primários e secundários é apresentada na Tabela 4.

Tabela 4 – Distribuição dos itens da qualidade exigida nos 3 níveis de desdobramento

Nível 1	Nível 2		Nível 3	
	nº de itens	%	nº de itens	%
1. Viveiro de mudas de qualidade	3	16	11	20
2. Boa colheita de mudas	4	21	12	22
3. Bom transporte de mudas	4	21	7	13
4. Bom plantio	6	32	19	35
5. Qualidade pós plantio	2	11	5	9
Total	19		54	

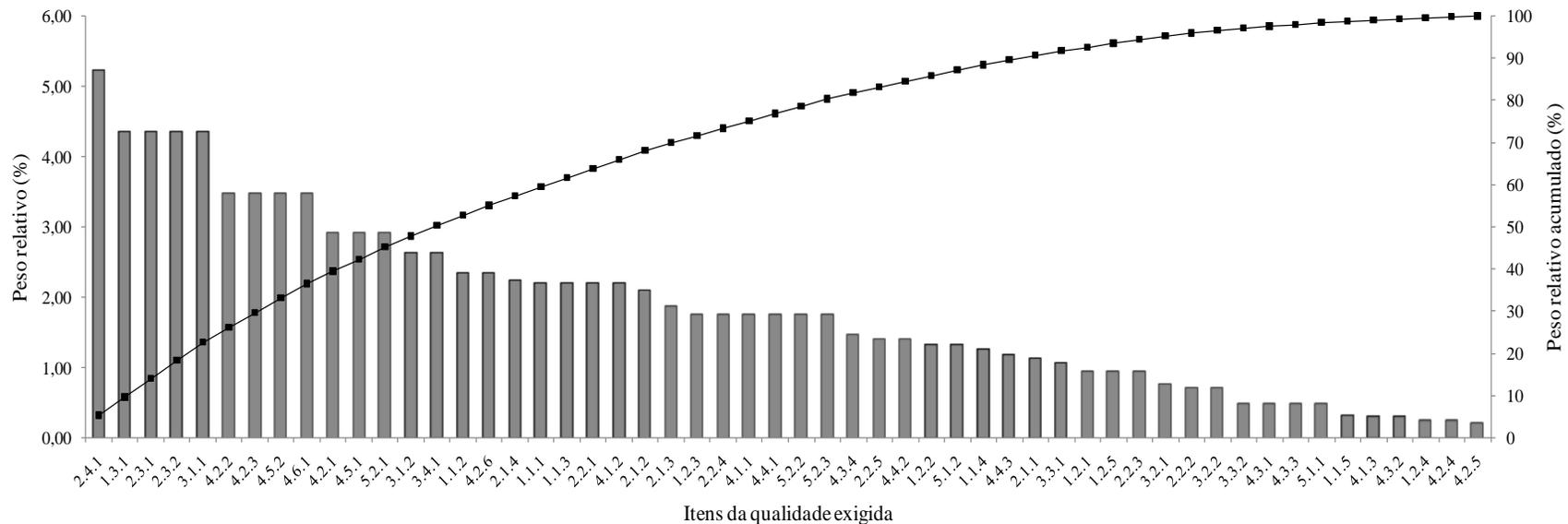
Nota-se na Tabela 4 que o item 4 (Bom plantio) apresenta maior número de itens desdobrados, seguido do item 2 (Boa colheita de mudas) e do item 1 (Viveiro de mudas de qualidade). Esse comportamento pode ser explicado devido a maior complexidade e número de variáveis que influenciam as operações de plantio e colheita de mudas, e o planejamento, implantação e condução do viveiro de mudas.

4.1.2 Qualidade planejada

O lado direito da Figura 8 apresenta os resultados da etapa 3 da Matriz da Qualidade (Qualidade Planejada). Nela, por meio da percepção da equipe e das características particulares do plantio executado pela empresa, foram obtidas as prioridades entre os itens que compõem as exigências da qualidade. A Figura 9 mostra um diagrama de Pareto com os pesos relativos classificados em ordem decrescente.

Verifica-se na Figura 9 que a maior parte dos itens prioritários, com maiores valores de peso relativo, referem-se à questões gerenciais do processo, como por exemplo, bom desempenho operacional da colheita de mudas e do plantio (itens 2.3.1 e 4.5.1), não interromper a operação de plantio (itens 2.3.2, 3.1.1, 4.5.2 e 3.1.2), distância do viveiro de mudas a área de plantio (item 1.3.1), além dos custos operacionais (itens 2.4.1 e 3.4.1). Esses resultados podem ser explicados pela recente implantação do plantio mecanizado na empresa, a qual encontra-se ainda em fase de adaptação. Os integrantes da equipe técnica reconheceram os resultados obtidos na qualidade planejada e afirmaram que é necessário um planejamento contínuo e de longo prazo para sanar tais problemas, uma vez que a própria cultura da cana possui um ciclo relativamente longo, em média cinco anos.

Para expressar seus benefícios potenciais, o plantio mecanizado requer da empresa um maior planejamento em relação à sistematização e alocação dos viveiros de muda e a sistematização das áreas de plantio. Diferente do sistema convencional de plantio, em que, a colheita de muda é realizada de forma semimecanizada, com corte manual e carregamento mecanizado, e ainda tolera ser efetuada dias antes do plantio, o sistema mecanizado exige que a colheita seja realizada simultaneamente a operação de plantio e geralmente executada por colhedoras automotrizes de cana picada, as quais por sua vez exigem uma adequada



- | | | |
|---|---|--|
| 1.1.1 Variedade adequada | 2.2.4 Qualidade de corte de rebolos | 4.2.4 Colocar mudas na posição correta (horizontal) |
| 1.1.2 Idade adequada | 2.2.5 Baixo nível de perdas de campo | 4.2.5 Colocar mudas no fundo do sulco |
| 1.1.3 Alto índice de gemas viáveis | 2.3.1 Ter bom desempenho operacional | 4.2.6 Não danificar gemas |
| 1.1.4 Livres de doenças e pragas | 2.3.2 Não interromper o fornecimento de mudas | 4.3.1 Aplicação adequada em relação a localização da muda |
| 1.1.5 Livre de plantas daninhas | 2.4.1 Baixo custo operacional | 4.3.2 Abastecimento rápido e fácil |
| 1.2.1 Relevô adequado | 3.1.1 Não deixar faltar muda na plantadora | 4.3.3 Boa autonomia |
| 1.2.2 Livre de obstáculos (pedras, tocos, etc.) | 3.1.2 Não interromper a colheita de muda | 4.3.4 Dosagem uniforme |
| 1.2.3 Fileiras e entrefileiras (lombos) bem niveladas | 3.2.1 Eficiência no transporte do viveiro à área de plantio | 4.4.1 Altura de cobertura uniforme |
| 1.2.4 Plantas não acamadas | 3.2.2 Eficiência no abastecimento da plantadora | 4.4.2 Não deixar mudas expostas |
| 1.2.5 Facilidade de abertura de eito (sem pisoteio) | 3.3.1 Ter bom sincronismo com a colhedora | 4.4.3 Não deixar bolsas de ar entre mudas após a cobertura |
| 1.3.1 Próximos à área de plantio | 3.3.2 Não perder muda ao abastecer a plantadora | 4.5.1 Ter bom desempenho operacional |
| 2.1.1 Qualidade no corte de base | 3.4.1 Baixo custo operacional | 4.5.2 Não interromper o plantio |
| 2.1.2 Não pisotear fileiras de plantas | 4.1.1 Profundidade adequada e uniforme | 4.6.1 Baixo custo operacional |
| 2.1.3 Não arrancar soqueiras | 4.1.2 Paralelismo entre fileiras | 5.1.1 Não ter assoramento em sulco |
| 2.1.4 Baixo nível de perdas de campo | 4.1.3 Não pisotear sulcos adjacentes | 5.1.2 Não ter erosão |
| 2.2.1 Não danificar gemas | 4.2.1 Distribuição uniforme | 5.2.1 Não ter falhas |
| 2.2.2 Boa limpeza de mudas | 4.2.2 Distribuição em quantidade adequada | 5.2.2 Brotação homogênea |
| 2.2.3 Rebolos com comprimento uniforme | 4.2.3 Não deixar sulcos sem muda | 5.2.3 Plantas com vigor |

Figura 9 – Diagrama de Pareto dos pesos relativos da qualidade planejada

sistematização da área do viveiro. Dessa forma, é importante que o viveiro de mudas seja adequado a colheita mecanizada e esteja próximo a área de plantio, para facilitar a colheita e o transporte das mudas.

Por se tratar de uma operação totalmente mecanizada e, nesse caso, com máquinas de porte elevado, é necessário que as áreas de plantio sejam adequadamente sistematizadas, com terraços bem alocados, talhões com formato adequado que privilegiem o comprimento dos sulcos e reduzam o número de manobras e carregadores bem dimensionados que permitam manobras rápidas e abastecimento da plantadora.

De modo geral, quanto aos fatores que determinam a qualidade planejada, a Tabela 5 apresenta a distribuição das notas atribuídas pela equipe técnicas aos itens da qualidade exigida.

Tabela 5 – Distribuição das notas dos fatores da qualidade planejada

		Notas				
		1	2	3	4	5
Grau de importância		11%	17%	22%	24%	26%
Avaliação Comparativa	Pioneiros	2%	26%	26%	43%	4%
	Empresa A	0%	0%	22%	78%	0%
Plano de melhoria		0%	0%	0%	37%	63%

Em relação ao grau de importância, nota-se que 72% das notas atribuídas estiveram entre 3 e 5, o que indica alguma ou muita importância a maioria dos itens da qualidade exigida.

Quanto à avaliação comparativa, o desempenho atual da Pioneiros, com 95% dos itens, encontra-se entre ruim, regular e bom, notas 2 e 4 respectivamente, enquanto a Empresa A apresenta 100% dos itens entre regular e bom, notas 3 e 4.

No plano de melhoria, a equipe definiu que o desempenho da Pioneiros se deslocasse todo entre bom e ótimo, notas 4 e 5. Vale ressaltar que durante a avaliação comparativa, apenas um dos integrantes, o gerente de fitotecnia, possuía uma percepção do plantio realizado por outra empresa, a qual foi tomada como referência por toda a equipe para a determinação do plano de melhoria.

4.2 Características da qualidade e as prioridades técnicas do plantio mecanizado

As características da qualidade foram primeiramente divididas em três grupos: pré plantio, plantio e pós plantio. Seguindo o mesmo raciocínio utilizado na obtenção da qualidade exigida em relação às etapas do processo de plantio, o grupo do pré plantio foi desdobrado em três subgrupos: viveiro de mudas, colheita de mudas e transporte de mudas. A Tabela 6 apresenta os grupos e subgrupos que compõem as características da qualidade e o número de itens dentro de cada um.

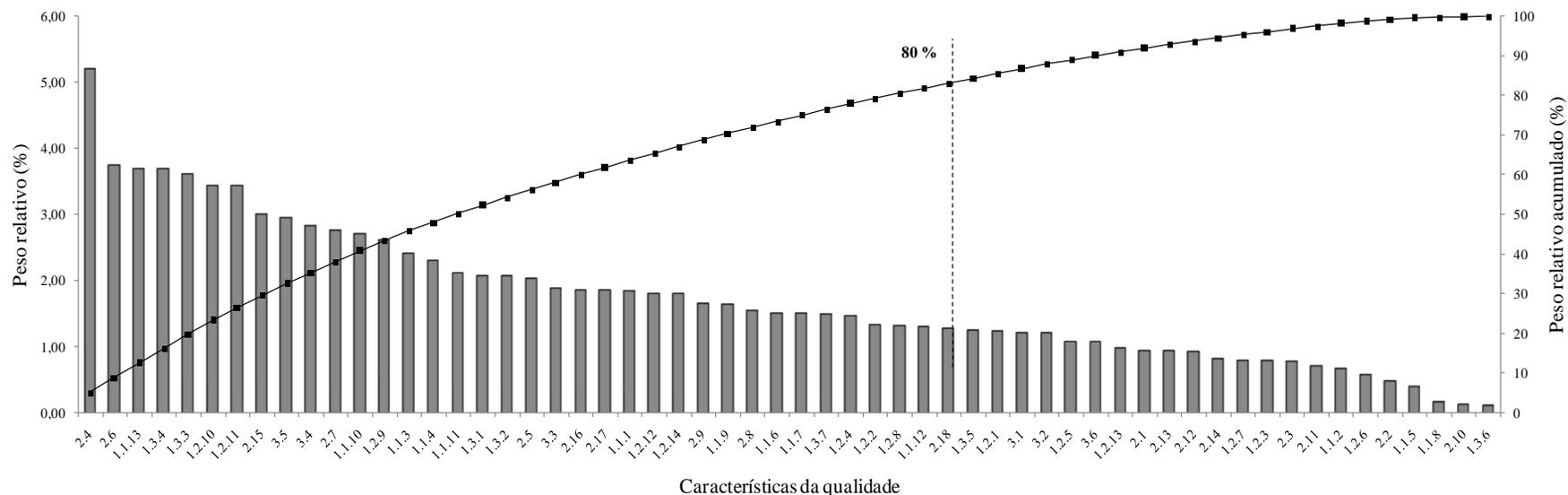
Tabela 6 – Distribuição dos itens das características da qualidade dentro de cada grupo e subgrupo

		Nº de características da qualidade	
	1.1 Viveiro de muda	13	22%
1. Pré plantio	1.2 Colheita de muda	14	24%
	1.3 Transporte de muda	7	12%
2. Plantio		18	31%
3. Pós plantio		6	10%
Total		58	

Foram obtidos um total de 58 características da qualidade, em que, o grupo “Plantio” e os subgrupos “Colheita de muda” e “Viveiro de mudas” apresentaram maior número de itens respectivamente.

Após determinadas as relações entre as características e as exigências da qualidade e finalizado o processo de conversão, foram definidas como prioridades, por meio de um diagrama de Pareto (Figura 10), as características que somaram 80% dos maiores valores de peso relativo, as quais constituíram um total de 35 itens. Dessas prioridades, a equipe técnica decidiu em reunião que apenas 17 delas seriam tomadas como metas de desempenho. As metas de desempenho constituíram a relação de indicadores, requisitos técnicos, que a empresa utilizará no próximo plantio para verificar e controlar a qualidade do plantio mecanizado.

Na qualidade projetada, a avaliação técnica comparativa foi realizada apenas para as características consideradas como metas. Nessa avaliação a equipe considerou as condições



1.1.1 comprimento de entrenó
 1.1.2 diâmetro
 1.1.3 idade
 1.1.4 gemas viáveis
 1.1.5 gemas inviáveis
 1.1.6 infestação de pragas
 1.1.7 infestação de doenças
 1.1.8 infestação de plantas daninhas
 1.1.9 declividade
 1.1.10 obstáculos
 1.1.11 desnível entre fileiras e entrefileiras
 1.1.12 porte
 1.1.13 distância da área de plantio
 1.2.1 cisalhamento de tocos
 1.2.2 abalo de soqueira

1.2.3 pisoteio
 1.2.4 altura de tocos
 1.2.5 gemas danificadas
 1.2.6 impureza vegetal
 1.2.7 comprimento de rebolo
 1.2.8 cisalhamento de rebolo
 1.2.9 capacidade de campo
 1.2.10 disponibilidade mecânica
 1.2.11 disponibilidade operador
 1.2.12 absenteísmo
 1.2.13 acidente de trabalho
 1.2.14 consumo de combustível
 1.3.1 disponibilidade mecânica
 1.3.2 disponibilidade operador
 1.3.3 capacidade de transporte

1.3.4 eficiência de transporte
 1.3.5 tempo de abastecimento
 1.3.6 perdas de campo
 1.3.7 consumo de combustível
 2.1 profundidade de sulco
 2.2 espaçamento
 2.3 pisoteio
 2.4 densidade de gemas viáveis
 2.5 gemas danificadas
 2.6 consumo de mudas
 2.7 espaços vazios no sulco
 2.8 mudas expostas
 2.9 altura de cobrição
 2.10 distancia do fertilizante à muda

2.11 tempo de abastecimento de insumos
 2.12 taxa de aplicação de insumos
 2.13 autonomia da aplicação de insumos
 2.14 tamanho de torrões
 2.15 capacidade de campo
 2.16 disponibilidade maquina
 2.17 disponibilidade operador
 2.18 consumo de combustível
 3.1 assoramento
 3.2 erosão
 3.3 falhas
 3.4 brotação
 3.5 perfilhos
 3.6 altura de plantas

Figura 10 – Diagrama de Pareto dos pesos relativos da qualidade projetada

reais de cada característica na empresa e as quais seriam ideais, de acordo com sua percepção e, em seguida, estabeleceram as metas de desempenho para cada um delas.

Nas seções subsequentes serão apresentadas e discutidas separadamente, para cada grupo e subgrupo, as características da qualidade e a qualidade projetada, com a classificação de cada item, a avaliação técnica comparativa e as metas de desempenho.

4.2.1 Pré plantio

O grupo “Pré plantio” foi dividido em três subgrupos: “Viveiros de mudas”, “Colheitas de mudas” e “Transporte de mudas”. Cada subgrupo será abordado separadamente nessa seção.

4.2.1.1 Viveiro de mudas

A Figura 11 traz uma visão parcial da matriz da qualidade, referente ao subgrupo “Viveiro de mudas”. Na parte superior são apresentadas as 13 características da qualidade que o compõem e as correlações entre elas, juntamente com os símbolos (setas) que representam o desempenho desejado e as unidades de medidas que as expressam. Já a parte inferior destaca a qualidade projetada, com os pesos absolutos e relativos, a classificação dos pesos em ordem decrescente, a avaliação técnica comparativa e as metas de desempenho.

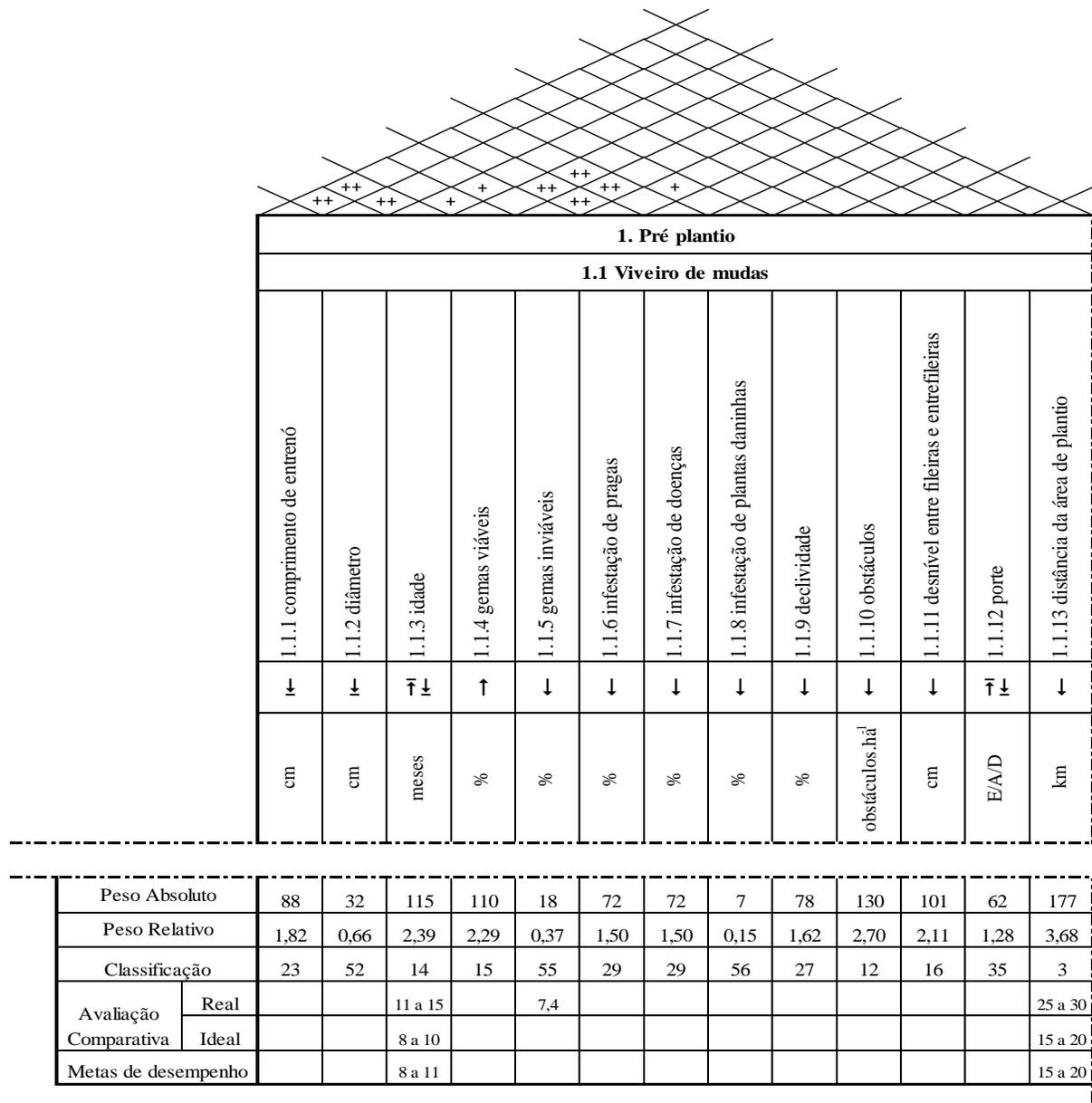


Figura 11 – Visão parcial da matriz da qualidade destacando as características da qualidade do subgrupo “Viveiro de mudas” e sua qualidade projetada

Na Figura 12, o diagrama de Pareto demonstra a classificação relativa das características referentes apenas ao subgrupo “Viveiro de mudas”. Nela, verifica-se que os itens com maiores pesos relativos foram: “distância da área de plantio”, “obstáculos”, “idade”, “gemas viáveis”, “desnível entre fileiras e entre fileiras” e “comprimento de entrenós”.

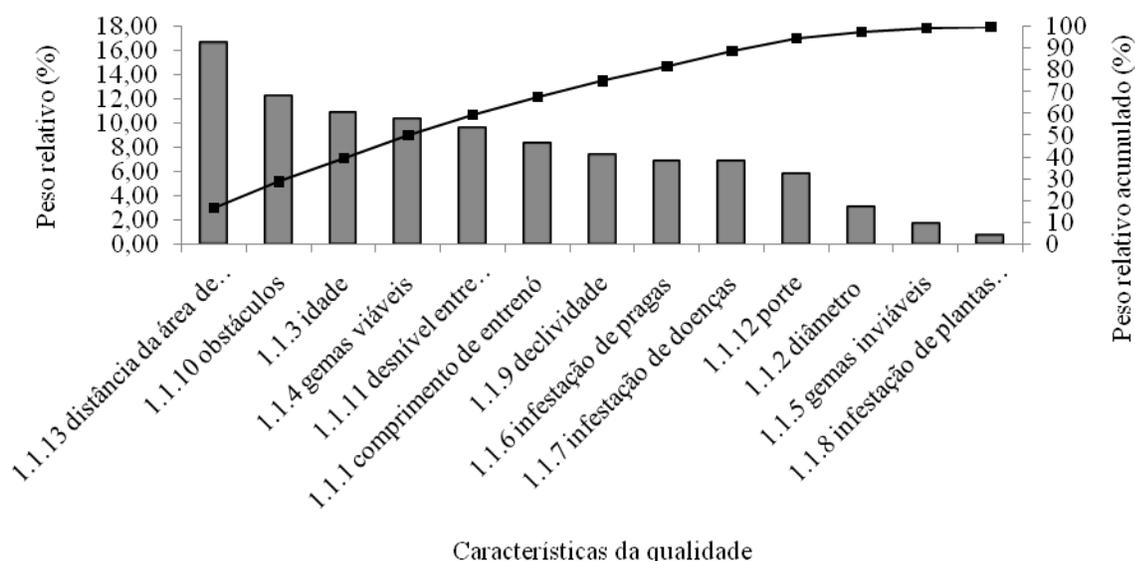


Figura 12 – Diagrama de Pareto dos pesos relativos do subgrupo “Viveiro de mudas”

A equipe técnica definiu que seriam consideradas como meta de desempenho para o próximo plantio apenas os itens 1.1.13 e 1.1.3, os quais ocupam a primeira e terceira posição na classificação relativa. Essa decisão foi tomada com base no controle que a equipe exerce sobre tais características e na correlação que elas estabelecem com as demais. Segundo os integrantes, as metas para distância do viveiro e a idade das mudas podem ser atingidas por meio de um adequado planejamento.

Devido a recente implantação do plantio mecanizado na empresa, a equipe justificou que não houve tempo suficiente para planejar a alocação e época de plantio dos viveiros. Dessa forma, as mudas foram colhidas em áreas antes direcionadas ao plantio convencional e distantes, como apresentado na avaliação comparativa, de 25 km a 30 km. Por algumas vezes, no plantio anterior, a empresa abriu mão da idade e optou efetuar a colheita de muda áreas próximas, consciente de que a idade das mesmas era superior a ideal.

Por meio da matriz de correlações é possível verificar que, internamente no viveiro, a idade da muda apresenta correlações fortemente positivas com o diâmetro e o comprimento de entrenós e positivas com o percentual e gemas viáveis e inviáveis. Isso significa que, se a empresa concentrar esforços para garantir que a muda seja colhida na época adequada, indiretamente, estará contribuindo para que o desempenho desejado das demais variáveis seja alcançado.

4.2.1.2 Colheita de mudas

A Figura 13 mostra uma visão parcial da matriz da qualidade referente ao subgrupo “Colheita de mudas”. Ela apresenta as características da qualidade e suas correlações, a classificação dos pesos, a avaliação comparativa e as metas de desempenho.

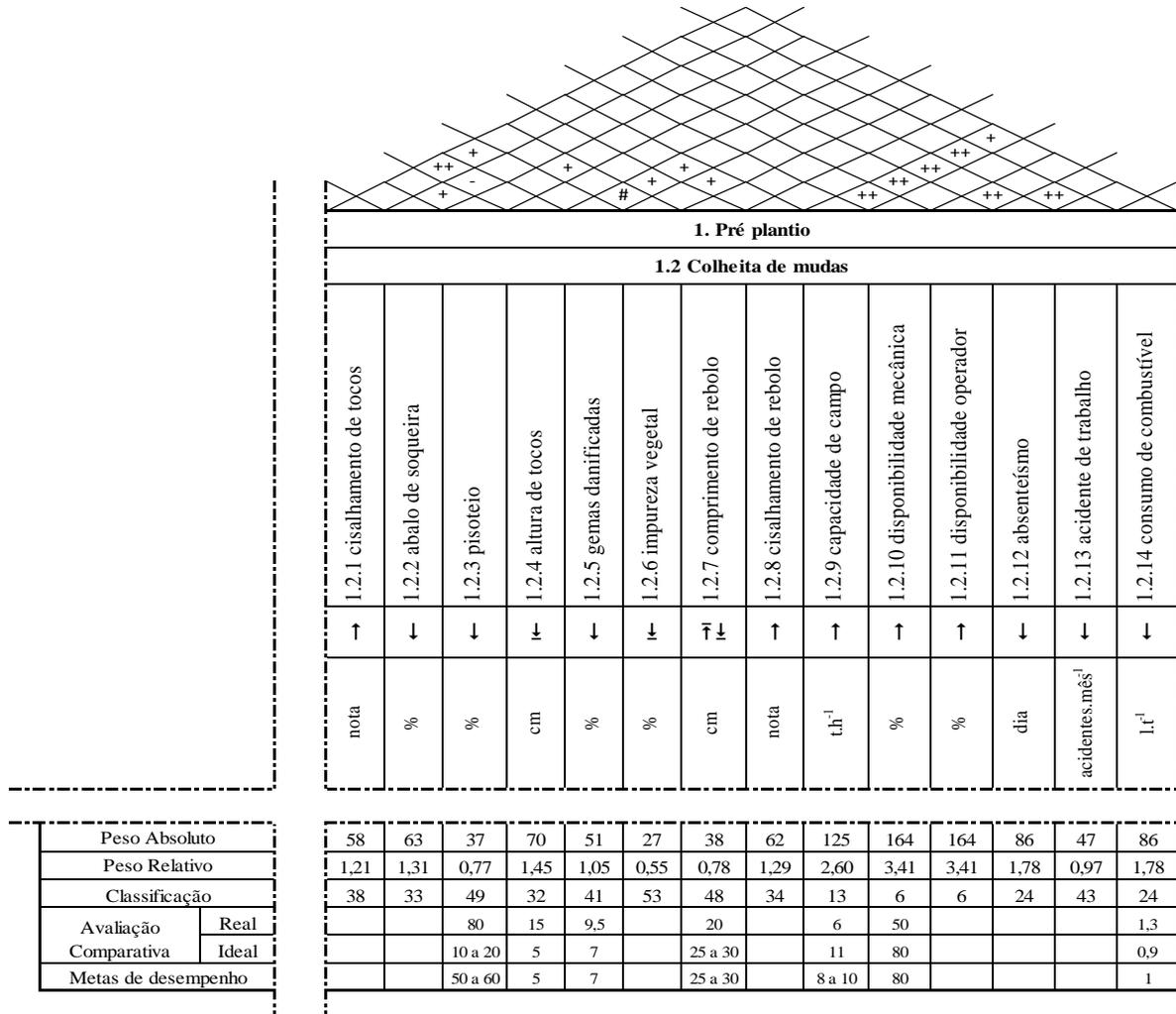


Figura 13 – Visão parcial da matriz da qualidade destacando as características da qualidade do subgrupo “Colheita de mudas” e sua qualidade projetada

Ao todo foram extraídas 14 características da qualidade, as quais abordam especificamente as operações realizadas pela colhedora de mudas e traduzem exatamente as exigências da qualidade, que abrangem o corte (itens 1.2.1 a 1.2.4) e processamento (1.2.5 a 1.2.8) das mudas, o desempenho, a confiabilidade e o custo da operação.

A classificação dos pesos relativos desse subgrupo é apresentada na Figura 14. Verifica-se que os itens com maiores pesos foram: “disponibilidade mecânica”, “disponibilidade do operador”, “capacidade de campo”, “absenteísmo”, “consumo de combustível” e “altura de tocos”. Nota-se que os primeiros itens classificados não se referem à qualidade da colheita, como o corte e o processamento das mudas, e sim ao desempenho e confiabilidade da operação. Tais resultados expressam os problemas enfrentados no ano anterior pela empresa, devido às freqüentes falhas na colheita que conseqüentemente paralisavam o plantio.

Como a maioria das culturas, a cana de açúcar possui uma época ideal de plantio, que pode variar de acordo com as condições climáticas, características do solo e da própria variedade a ser plantada. A falta de pontualidade nessa operação pode prejudicar e até mesmo comprometer o desenvolvimento inicial e estabelecimento da cultura. Isso explica a preocupação da equipe quanto a confiabilidade da colheita, uma vez que se tratando de grandes áreas, os atrasos são ainda mais agravantes.

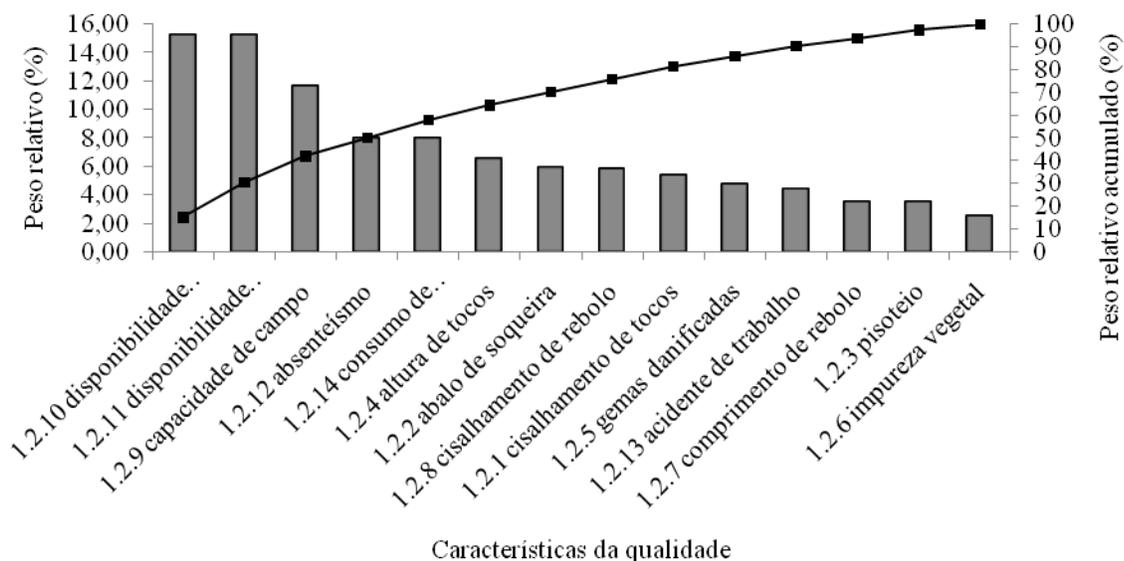


Figura 14 – Diagrama de Pareto dos pesos relativos do subgrupo “Colheita de mudas”

Mesmo com os problemas com o desempenho e a confiabilidade da colheita, a equipe não deixou de lado as características que garantem a qualidade final das mudas após o corte e o processamento. As metas para o plantio do próximo ano totalizaram 7 características: pisoteio,

altura de toco, gemas danificadas, comprimento de rebolos, capacidade de campo, disponibilidade mecânica e consumo de combustível.

Ao visualizar a parte da matriz de correlações referente a esse subgrupo, observa-se que o item “capacidade de campo” interfere positivamente nas demais características que expressam o desempenho e a confiabilidade, o que permite a empresa controlar indiretamente todos esses itens por meio de um só.

Os item “pisoteio”, mesmo com um baixo valor de peso relativo, foi definido como meta devido a sua importância no desenvolvimento e longevidade da área do viveiro após realizada a colheita, a qual será conduzida convencionalmente para produção destinada à indústria.

4.2.1.3 Transporte de mudas

No subgrupo “Transporte de mudas” foram extraídas 7 características da qualidade, as quais são apresentadas na Figura 15. Elas abordam especificamente o desempenho, a confiabilidade e o custo do transporte.

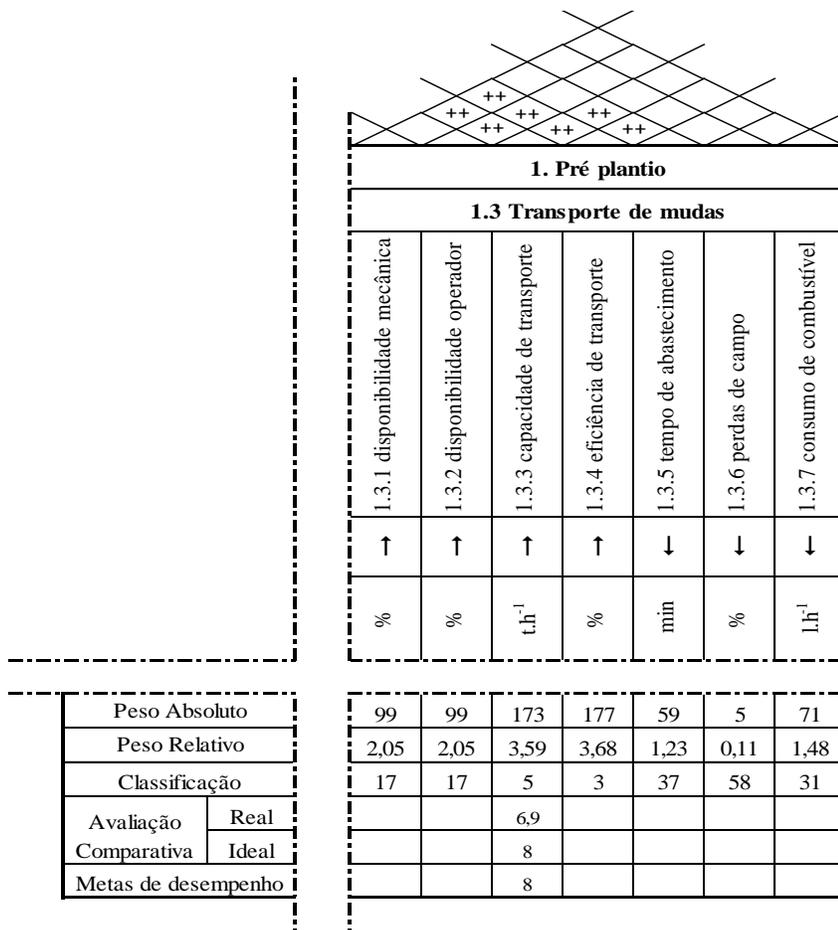


Figura 15 – Visão parcial da matriz da qualidade destacando as características da qualidade do subgrupo “Transporte de mudas” e sua qualidade projetada

Na Figura 16 é possível visualizar a classificação dos pesos relativos das características que compõem o subgrupo. Nota-se que os itens com maiores pesos são a “eficiência de transporte” e a “capacidade de transporte”. Esses valores são consequência dos mesmos problemas discutidos anteriormente em relação a colheita de mudas, sobre a interrupção da operação de plantio.

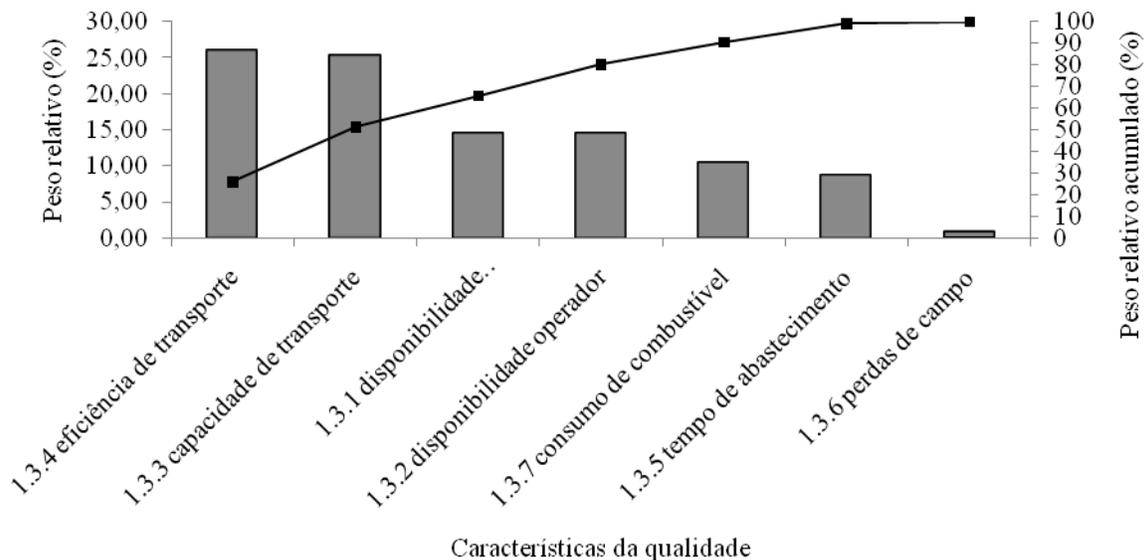


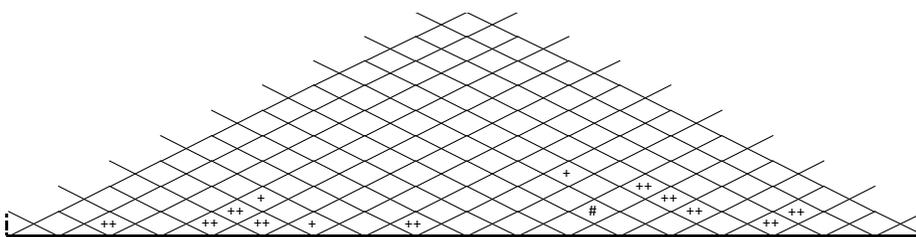
Figura 16 – Diagrama de Pareto dos pesos relativos do subgrupo “Transporte de mudas”

O transporte de mudas, no processo de plantio mecanizado, é o responsável pela ligação entre a colheita de muda e a operação de plantio. Qualquer falha ou mau desempenho do transporte, comprometerá todo o restante do processo.

Dessa forma, a equipe técnica estabeleceu como meta apenas o item “capacidade de transporte”, o qual influencia positivamente as características importantes para o sucesso do plantio, como mostra a matriz de correlações na parte superior da Figura 15.

4.2.2 Plantio

As 18 características da qualidade que compõem o grupo “Plantio”, apresentadas na Figura 17, foram extraídas de acordo com as operações realizadas pela plantadora. Elas verificam a qualidade da sulcação (itens 2.1, 2.2 e 2.3), da distribuição de mudas (itens 2.4, 2.5, 2.6 e 2.7), da cobertura dos sulcos (itens 2.8, 2.9 e 2.14), da distribuição de insumos (itens 2.10, 2.11, 2.12 e 2.13), o desempenho e a confiabilidade (itens 2.15, 2.16 e 2.17) e o custo (item 2.18).



2. Plantio																	
2.1 profundidade de sulco	2.2 espaçamento	2.3 pisoteio	2.4 densidade de gemas viáveis	2.5 gemas danificadas	2.6 consumo de mudas	2.7 espaços vazios no sulco	2.8 mudas expostas	2.9 altura de cobertura	2.10 distancia do fertilizante à muda	2.11 tempo de abastecimento de insumos	2.12 taxa de aplicação de insumos	2.13 autonomia da aplicação de insumos	2.14 tamanho de torrões	2.15 capacidade de campo	2.16 disponibilidade máquina	2.17 disponibilidade operador	2.18 consumo de combustível
↑↓	↑↓	↓	↑↓	↓	↓	↓	↓	↑↓	↑↓	↓	↑↓	↑	↓	↑	↑	↑	↓
cm	m	%	gemas.m ⁻¹	%	t.ha ⁻¹	cm	%	cm	cm	min	kg.ha ⁻¹ l.ha ⁻¹	horas	cm	ha.h ⁻¹	%	%	l.h ⁻¹

Peso Absoluto	44	22	36	250	97	180	132	74	79	6	33	43	44	39	144	89	89	61
Peso Relativo	0,92	0,46	0,75	5,18	2,02	3,73	2,75	1,53	1,64	0,12	0,68	0,90	0,92	0,80	2,99	1,84	1,84	1,26
Classificação	44	54	50	1	19	2	11	28	26	57	51	46	45	47	8	21	21	36
Avaliação Comparativa	Real	22	1,5		24	7	21								3,5	38		
	Ideal	25 a 30	1,4		18 a 21		18								7	80		
Metas de desempenho	27	1,4		20		19								6	50			

Figura 17 – Visão parcial da matriz da qualidade destacando as características da qualidade do grupo “Plantio” e sua qualidade projetada

Na Figura 18, o diagrama de Pareto mostra a classificação, em ordem decrescente, dos pesos relativos desse grupo. Os itens que ocupam as primeiras posições são: “densidade de gemas viáveis”, “consumo de muda”, “capacidade de campo” e “espaços vazios no sulco”. As características “densidade de gemas viáveis” e “consumo de muda” apresentaram os maiores valores de peso relativo no grupo “Plantio” e também na classificação geral entre todas as características da qualidade da matriz.

Foram definidas como metas de desempenho, 6 itens dentre os 18. Eles são: “densidade de gemas viáveis”, “consumo de muda”, “profundidade de sulco”, “espaçamento”, “capacidade de campo” e “disponibilidade máquina”.

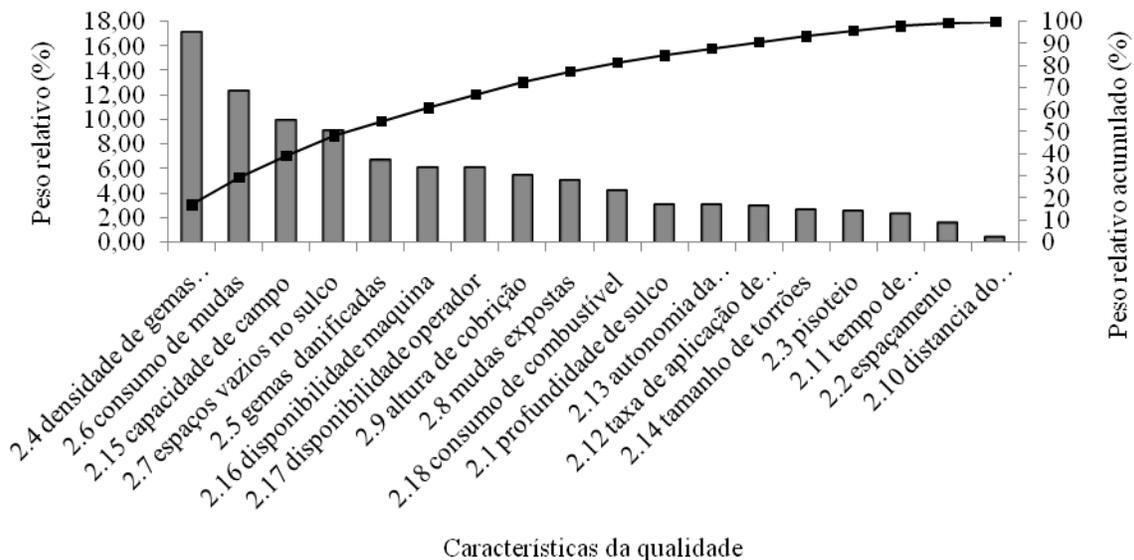


Figura 18 – Diagrama de Pareto dos pesos relativos do grupo “Plantio”

A “densidade de gemas viáveis” e o “consumo de mudas”, segundo a equipe, são as características de maior importância no processo de plantio, cruciais para garantir bons resultados na operação. Por meio da matriz de correlações, na parte superior da Figura 16, verifica-se que a correlação entre ambas é fortemente positiva, o que significa que ao manter o consumo de mudas em seu limite ideal, a densidade adequada de gemas viáveis será alcançada.

Os sistemas mecânicos de distribuição de mudas das plantadoras apresentam-se, em grande parte, sujeito a habilidade, experiência e percepção do operador. Na maioria das vezes, os operadores optam em errar a favor da segurança e, conscientes, trabalham com um consumo de mudas acima do necessário, para evitar que a densidade de gemas viáveis fique abaixo do especificado, ocasionando possíveis falhas de brotação no pós plantio. O consumo excessivo e desnecessário de mudas faz com que a empresa colha uma área muito maior, eliminando áreas de produção para indústria e onerando ainda mais os custos do plantio e de produção.

As metas de desempenho e confiabilidade também foram mantidas nesse grupo, em que a empresa deseja elevar os valores de “capacidade de campo” e “disponibilidade da máquina”, para garantir o planejamento das atividades e a pontualidade da época de plantio.

Mesmo com baixos valores de peso relativo, a equipe decidiu incluir os itens “profundidade de sulco” e “espaçamento” como metas. Nesse momento, a decisão da equipe de reduzir o espaçamento de plantio de 1,5m para 1,4m, a princípio, contradiz a meta de redução de

pisoteio estabelecida no subgrupo “Colheita de mudas”, uma vez que, com a implantação da colheita mecanizada, espaçamentos menores aumentam as chances de ocorrer o pisoteio das fileiras de plantas. A empresa justifica essa atitude devido as maiores produtividades alcançadas no espaçamento de 1,4m e aceita a ocorrência de um determinado nível de pisoteio. As metas de redução de pisoteio na colheita de mudas foram as mesmas estabelecidas para a colheita nas áreas de produção, em que, fixou-se uma faixa de 50% a 60% quando a ideal, segundo a equipe, é de 10% a 20% e a real de 80%.

4.2.3 Pós plantio

As características do grupo “Pós plantio” são apresentadas na Figura 19 e totalizam 6 itens de controle que avaliam a qualidade do plantio em relação à conservação do solo (itens 3.1 e 3.2) e desenvolvimento inicial da cultura (itens 3.3, 3.4, 3.5 e 3.6).

3. Pós-plantio						
3.1 assoriamiento	3.2 erosão	3.3 falhas	3.4 brotação	3.5 perfilhos	3.6 altura de plantas	
↓	↓	↓	↑	↑	↑	
%	%	%	brotos.m ⁻¹	perfilhos.m ⁻¹	cm	

Peso Absoluto		58	58	90	135	141	51
Peso Relativo		1,20	1,20	1,87	2,81	2,94	1,05
Classificação		39	39	20	10	9	41
Avaliação Comparativa	Real			33			
	Ideal			25			
Metas de desempenho				25			

Figura 19 – Visão parcial da matriz da qualidade destacando as características da qualidade do grupo “Pós plantio” e sua qualidade projetada

Na Figura 20 é apresentada a classificação, em ordem decrescente, dos pesos relativos entre as características da qualidade do grupo “Pós plantio”. Verifica-se que o item “falhas”, a qual foi assumida como meta, ocupa a terceira posição na classificação interna do grupo, enquanto as características “perfilhos” e “brotação” foram as primeiras colocadas.

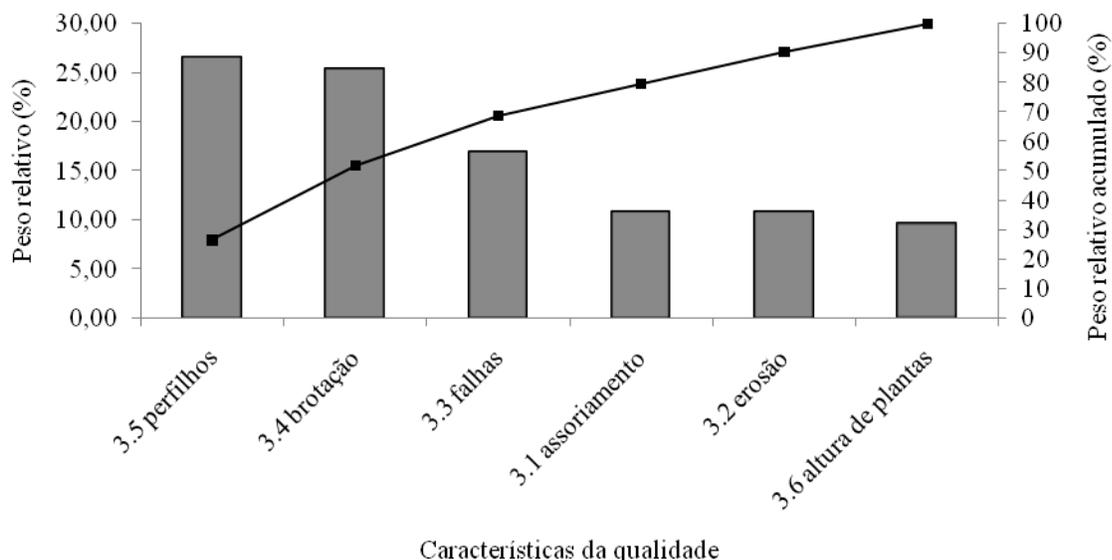


Figura 20 – Diagrama de Pareto dos pesos relativos do grupo “Pós plantio”

A decisão de estabelecer o item “falhas” como meta foi devido à facilidade e a rotina, já existente na empresa, de qualificá-la. Verifica-se também na matriz de correlações que, essa característica apresenta correlações fortemente positivas com os itens relacionados a conservação do solo e positivas com os itens “perfilhos” e “brotação”, o que possibilita a avaliação dessas de forma indireta.

4.2.4 Metas de desempenho.

As prioridades técnicas do plantio mecanizado da empresa, também consideradas como metas de desempenho para o plantio do próximo ano são apresentadas na Figura 21.

Características da qualidade (Requisitos técnicos)			Unidade	Metas	
1. Pré plantio	1.1 Viveiro de mudas	1.1.3 idade	$\bar{\uparrow}\downarrow$	meses	8 a 11
		1.1.13 distância da área de plantio	\downarrow	km	15 a 20
	1.2 Colheita de mudas	1.2.3 pisoteio	\downarrow	%	50 a 60
		1.2.4 altura de tocos	\downarrow	cm	5
		1.2.5 gemas danificadas	\downarrow	%	7
		1.2.7 comprimento de rebolo	$\bar{\uparrow}\downarrow$	cm	25 a 30
		1.2.9 capacidade de campo	\uparrow	t.h ⁻¹	8 a 10
		1.2.10 disponibilidade mecânica	\uparrow	%	80
	1.3 Transporte de mudas	1.2.14 consumo de combustível	\downarrow	l.t ⁻¹	1
		1.3.3 capacidade de transporte	\uparrow	t.h ⁻¹	8
2. Plantio	2.1 profundidade de sulco	$\bar{\uparrow}\downarrow$	cm	27	
	2.2 espaçamento	$\bar{\uparrow}\downarrow$	m	1,4	
	2.4 densidade de gemas viáveis	$\bar{\uparrow}\downarrow$	gemas.m ⁻¹	20	
	2.6 consumo de mudas	\downarrow	t.ha ⁻¹	19	
	2.15 capacidade de campo	\uparrow	ha.h ⁻¹	6	
	2.16 disponibilidade máquina	\uparrow	%	50	
3. Pós plantio	3.3 falhas	\downarrow	%	25	

Figura 21 – Prioridades técnicas do plantio mecanizado

4.3 Análise geral da matriz da qualidade

Nessa seção, a matriz da qualidade será abordada de forma geral considerando as relações e correlações entre os grupos e subgrupos que compõem as exigências e as características da qualidade. Começando pela matriz de relações (etapa 5), a Tabela 7 apresenta a distribuição das relações entre cada grupo e subgrupo das características da qualidade com os itens da qualidade exigida.

Tabela 7 – Distribuição das relações entre os grupos e subgrupos das características da qualidade e os itens da qualidade exigida

	Linha	Coluna	Relações possíveis	Forte - 9		Média - 3		Fraca - 1		Total	
				(unid.)	(%)	(unid.)	(%)	(unid.)	(%)	(unid.)	(%)
1.1 Viveiro de mudas	54	13	702	49	80,33	10	16,39	2	3,28	61	8,69
1.2 Colheita de mudas	54	14	756	40	85,11	7	14,89	0	0,00	47	6,22
1.3 Transporte de mudas	54	7	378	29	82,86	4	11,43	2	5,71	35	9,26
2. Plantio	54	18	972	73	80,22	14	15,38	4	4,40	91	9,36
3. Pós-plantio	54	6	324	30	83,33	5	13,89	1	2,78	36	11,11
Total	54	58	3132	221	81,85	40	14,81	9	3,33	270	8,62

Composta por 54 linhas (exigências da qualidade) e 58 colunas (características da qualidade), a matriz apresenta 3.132 possíveis relações, em que apenas 8,62% delas foram realmente estabelecidas. Quanto à intensidade das relações, 81,85% delas apresentaram-se como “Forte”, 14,81% “Média” e 3,33% “Fraca”. Essa distribuição foi semelhante para praticamente todos os grupos e subgrupos das características da qualidade, com exceção da “Colheita de mudas” que não apresentou relações fracas.

Quando vista por completo (anexo 1), observa-se na matriz de relações uma distribuição espacial característica, em que, as relações localizam-se na diagonal da matriz. Esse comportamento pode ser explicado pela forma com que foi realizado o processo de extração das características da qualidade. Para cada grupo (nível 1) da qualidade exigida extraiu-se um grupo das características da qualidade, os quais foram organizados na mesma sequência, de acordo com as etapas de realização do processo de plantio mecanizado.

Durante a construção da matriz de relações, os integrantes da equipe avaliaram em cada coluna (característica da qualidade) a existência ou não de relação com cada linha (item da qualidade exigida). Nas regiões da matriz em que um grupo de características da qualidade confrontava com seu respectivo grupo de exigências, a existência de relações foi maior, o que explica a distribuição diagonal na matriz de relações.

Ao observar de forma geral o relacionamento de cada grupo das características da qualidade, nota-se que o subgrupo “Viveiro de mudas” e o grupo “Plantio” estabelecem alguma relação com todos os grupos da qualidade exigida, o que indica a influência deles em todas as etapas do plantio mecanizado. Dessa forma, verifica-se que manter sob controle as características da qualidade do viveiro de mudas e da operação de plantio é um grande passo para se garantir a qualidade final do processo.

O subgrupo “Colheita de mudas” apresentou maior número de relações com seu grupo correspondente na qualidade exigida e com o grupo referente ao viveiro de mudas (1. Viveiro de mudas de qualidade). Já o grupo “Plantio”, além de se relacionar com o correspondente, apresentou uma grande relação com a qualidade após o plantio (5. Qualidade pós plantio).

Na Figura 22 é apresentada uma matriz que demonstra a distribuição relativa das correlações existentes entre os grupos e subgrupos das características da qualidade. Nota-se que os subgrupos “Viveiro de mudas” e “Colheita de mudas” apresentaram o maior número de correlações entre suas características (13,07%) seguidos dos grupos “Plantio” e “Pós plantio” (11,76%) e do subgrupo “Colheita de mudas” com o grupo “Plantio” (11,11%). Esses valores indicam a influência das características de um grupo sobre o outro, dessa forma, se as condições do viveiro de mudas não forem adequadas, a colheita de mudas será prejudicada. Agora, considerando que o viveiro apresente a qualidade desejada, se a colheita não for executada adequadamente o plantio será prejudicado e conseqüentemente a qualidade do pós plantio.

Grupos das características da qualidade	1.1 Viveiro de mudas	1.2 Colheita de mudas	1.3 Transporte de mudas	2. Plantio	3. Pós plantio
1.1 Viveiro de mudas	6,54%	13,07%	3,27%	8,50%	9,80%
1.2 Colheita de mudas		10,46%	2,61%	11,11%	1,96%
1.3 Transporte de mudas			4,58%	3,27%	0,00%
2. Plantio				9,15%	11,76%
3. Pós plantio					3,92%

Figura 22 – Distribuição relativa das correlações existentes entre os grupos e subgrupos das características da qualidade

A matriz da qualidade, além de priorizar as características da qualidade, também apresenta-se como uma importante ferramenta de suporte a tomada de decisão, uma vez que as relações e correlações contidas nela demonstram, praticamente, um mapa do processo de plantio

mecanizado, em que é possível verificar com facilidade como e com que intensidade uma determinada característica interfere no desempenho de outra e como ela contribui para satisfazer as exigências da qualidade.

5 CONCLUSÕES

Em relação à qualidade exigida do plantio mecanizado obteve-se um total de 54 itens, dos quais apresentaram-se com maior importância àqueles relacionadas à aspectos gerenciais do plantio: baixo custo e bom desempenho operacional da colheita de mudas, falhas no fornecimento de mudas à plantadora e a distância do viveiro à área de plantio.

Os requisitos técnicos do plantio mecanizado que compõem as características da qualidade totalizaram 58 itens, dos quais 35 foram considerados prioridades técnicas e 17 estabelecidos como metas de desempenho. As características da qualidade que obtiveram maiores pesos relativos foram a “densidade de gemas viáveis” (5,18%), o “consumo de mudas” (3,73%) e a “distância da área de plantio” até viveiro de mudas (3,73%).

As características da qualidade mais fortemente correlacionadas pertencem a dois subgrupos: viveiro e colheita de mudas. Esse resultado indica um alto grau de interdependência entre as características técnicas contidas nos subgrupos e que afetam a operação de plantio.

Os resultados obtidos permitiram compreender como e com que intensidade as variáveis do processo de plantio mecanizado se relacionam e estabelecer as prioridades entre elas.

REFERÊNCIAS

- AKAO, Y. **Introdução ao Desdobramento da Qualidade**. Belo Horizonte: Editora Fundação Christiano Ottoni, 1996. v.1. 187 p.(Série Manual de Aplicação do Desdobramento da Função Qualidade).
- AKAO, Y.; MANZUR, G. H. The leading edge in QFD: past, present and future. **International Journal of Quality & Reliability Management**, Bradford, v. 20, n. 1, p. 20-35, 2003.
- AREND, L.; FORCELLINI, F. A.; WEISS, A. Desenvolvimento e testes de uma semeadora adubadora modular para pequenas propriedades rurais. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 3, p. 801-808, set.-dez. 2005.
- BARROS, F.F. **A melhoria contínua no processo de plantio de cana de açúcar**. 2008. 78p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2008.
- BEAULAIR, E.G. F.; SCARPARI, M.S. Noções fitotécnicas. In: RIPOLI, T. C.C.; RIPOLI, M. L.C.; CASAGRANDI, D.V. (Org). **Plantio de cana de açúcar: estado da arte**. Piracicaba: Ed. dos Autores, 2006. v. 1. p 80-91.
- BENÍTEZ, A.M.I. **Ordenamento de mudas de cana de açúcar para aplicação e plantadoras automáticas**. 1997. 93p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1997.
- BUSO, P.H.M. **Estudo do sistema radicial de cana de açúcar no plantio em gema e tolete**. 2006. 73p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.
- CAMPOS, C.M. **Identificação e avaliação de variáveis críticas no processo de produção de cana de açúcar**. 2007. 88p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2007.
- CARLIN, S.D.; SILVA, M.A.; PERECIN, D. Fatores que afetam a brotação inicial da cana de açúcar. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 51, n. 296, p. 457-466, 2004.
- 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, set. – dez. 2007.
- CARRAFA, M. R. **Desenvolvimento de um sistema para processamento pós colheita de bananas destinadas à exportação**. 2007. 140 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

CARRAFA, W.M. **Desenvolvimento de uma máquina transplantadora para pequenas propriedades rurais utilizando uma abordagem de projetos de sistemas modulares.** 2002. 116 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

CARVALHO, M.M. **QFD – Uma ferramenta de tomada de decisão em projeto.** 1997. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997. Disponível em: <http://www.eps.ufsc.br/teses97/marly>. Acesso em: 8 de jan. 2009.

CASAGRANDE, A.A. **Tópicos da morfologia e fisiologia da cana de açúcar.** Jaboticabal: FUNEP, 1991. 187p.

CASTALDO, E.C. **Desenvolvimento, construção e testes de um picador para coberturas vegetais.** 1999. 141 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.

CAVERNALLI, 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, jan.-abril. 2004.

CAVERNALLI, J. A.; SASSI, A.; MIGUEL, P.A.C. Comparação do uso do QFD no Brasil e no Reino Unido. **Produção & Produção**, São Carlos, v. 6, n. 2, p. 31-39, jun. 2002.

CEBIM, G.J. **Plantio mecânico de cana de açúcar (*Sccharum spp.*): desempenho operacional e econômico.** 2008. 101p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2008.

CHAN, L.K.; WU, M. L. Quality function deployment: A literature review. **European Journal of Operational Research**, Oxford, v. 143, p. 463-497, 2002.

CHENG, L.C. ; MELO FILHO, L.D.R. **QFD – Desdobramento da Função Qualidade na gestão de desenvolvimento de produtos.** São Paulo: Editora Blücher, 2007. 539p.

CHENG, L.C. **QFD – Planejamento da Qualidade.** Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1995. 261 p.

COLETI, J.T. Técnica cultural de plantio. In: PARANHOS, S. B. (Coord). **Cana de açúcar: cultivo e utilização.** Campinas: Fundação Cargill, 1987. v. 1. p. 284-329.

COLETI, J.T.; STUPIELLO, J.J. Plantio da cana-de-açúcar. In: SEGATO, S.V. (Org). **Atualização em produção em produção de cana-de-açúcar.** Piracicaba: CP 2, 2006. p. 139-153.

CORTÉS, D. M.M. **Desenvolvimento de produtos para a agroindústria de frutas orgânicas: uma aplicação das metodologias de AHP e QFD.** 2005. 171 p. Tese (Doutorado e Ciências e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.

CRISTIANO, J.J.; LIKER, J.K.; III WHITE, C.C. Customer-driven product development through quality function deployment in the U.S. and Japan.. **Journal of Product Innovation Management**, Philadelphia, v. 17, n. 4, p. 286-308, 2000.

FNP Consultoria & Comércio. Cana-de-açúcar. In: **Agrianual 1999**: Anuário da Agricultura Brasileira, 1999. p.222-238.

GARCIA, M.A.L. **Avaliação de um sistema mecanizado de plantio de cana de açúcar**. 2008. 77p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2008.

GOVERS, C.P.M. QFD not Just a tool but a way of quality management. **International Journal of Production Economics**, Amsterdam, v. 69, n. 2, p. 151-159, 2001.

GOVERS, C.P. What and how quality function deployment (QFD). **International Journal of Production Economics**, Amsterdam, v. 46/47, n. 12, p. 575-585, 1996.

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

HAN, S.B. A conceptual QFD planning model. **International Journal of Quality & Reliability Management**, Bradford, v.18, n. 8, p. 796-812, 2001.

HAUSER, J.; CLAUSING, D. The house of quality. **Harvard Business Review**, Boston, v. 66, n. 3, p. 63-74, 1988.

IDE, B.Y. Cobrimento e seccionamento das mudas de plantio de cana de açúcar. In: SEMINÁRIO DE TECNOLOGIA AGRONÔMICA, 2., 1984. São Paulo. **Anais...** Piracicaba: Coopersucar, 1984. p. 365-376.

LEE, T.S.G. Efeito do plantio de cana inteira na germinação, no desenvolvimento e na produção de cana de açúcar. **Cadernos Planalsucar**, Piracicaba, n. 3, n. 1, p. 13-23, fev. 1984.

LUCIANO, M.A. **Desenvolvimento de uma semeadora adubadora por covas acopláveis a tratores de rabiças**. 1998. 99 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1998.

MARCHIORI, L.F.S. Plantio de cana inteira e picada na cana de açúcar. **STAB. Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 24, n. 3, p. 28-31. jan.-fev. 2006.

MARCOS, S.K. **Desenvolvimento de tomate de mesa, com o uso do método QFD (Quality Function Deployment), comercializado em um supermercado**. 2001. 200 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2001.

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.

MAZETTO, G.M. **Desenvolvimento de um sistema modular para mecanização agrícola conservacionista em pequenas propriedades**. 2000. 108 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

MIALHE, L.G.; RIPOLI, T.C.; MILAN, M. Algumas considerações sobre formato de talhões e espaçamento de plantio. **Álcool & Açúcar**, São Paulo, v. 3, n. 11, p. 28-42. 1987.

MIGUEL, A.C.A. Aplicação do método QFD na avaliação do perfil do consumidor de abacaxi pérola. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 31, n. 2, p. 563-569, mar.-abr. 2007.

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

MILAN, M.; BARROS, J. W. D.; GAVA, J. L. Planning soil tillage using Quality Function Deployment (QFD). **Scientia Agricola**, Piracicaba, vol. 60, n. 2, p. 217-221, abr.-jun. 2003.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Balanco nacional da cana de açúcar e agroenergia**. Brasília: MAPA/SPA, 2007. 139p.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Evolução da produtividade da cana de açúcar no Brasil**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/pls/portal/docs/PAGE/MAPA/ESTATISTICAS/PRODUCAO/08-AREA%20PLANTADA%20CANA.PDF>>. Acesso em: 08 jun. 2009b.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Produção brasileira de cana de açúcar**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/pls/portal/docs/PAGE/MAPA/ESTATISTICAS/PRODUCAO/03-PROD.%20CANA%20SAFRA.PDF>>. Acesso em: 08 jun. 2009a.

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

NASCIMENTO, D.; PINTO, R. Plantio mecanizado será melhor que o convencional. **IDEA Online**, Ribeirão Preto, n. 26, 3 ago. 2007. Disponível em: <<http://www.ideaonline.com.br/ideanews/ideanews.asp?cod=21&sec=1>>. Acesso em: 3 ago. 2007.

OAKLAND, J. S. **Gerenciamento da Qualidade Total**. São Paulo: Nobel, 1994. 459p.

OLEWNIK, A.; LEWIS, K. Limitations of the House of Quality to provide quantitative design information. **International Journal of Quality & Reliability Management**, Bradford, v. 25, n. 2, p. 125-146, 2008.

PEGÔ, F.F. **Aplicação da metodologia QFD no Transporte coletivo urbano de Passageiros.** 2006. 101 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2006.

PEIXOTO, H.P. Densidade de plantio para três variedades de cana de açúcar em sulcos de base estreita e de base larga. **Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro, v. 106, n. 2, p. 28-32, 1988.

PINTO, A.C.P.; MORAES, E.E. Plantadora de cana. In: SEMINÁRIO COOPERSUCAR DE TECNOLOGIA AGRONÔMICA, 7., 1997. São Paulo. **Anais...** São Paulo: Coopercucar – São Paulo, 1997. v. 1. p. 223-231.

QUINTELA, A.C.R.; ANDRADE, L.A.B.; CARVALHO, G.J.; BOCARDO, M.R. Efeito do plantio de cana inteira, com e sem desponte, e da compactação pós cobertura, em duas variedades de cana de açúcar. **STAB. Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 15, n. 3, p. 22-24. jan.-fev. 1997.

RIPOLI, T.C.C. **Plantio de Cana-de-Açúcar: estado da arte.** Piracicaba: Ed. dos Autores, 2006. v. 1. 216 p.

SHIN, J.S.; KIM, K.J.; CHANDRA, M.J. Consistency check of a house of quality chart. **International Journal of Quality & Reliability Management**, Bradford, v. 19, n. 4, p. 471-484, 2002.

STOLF, R.; BARBOSA, V. Quantidade de muda nos sulcos de plantio de cana de açúcar em espaçamentos convencionais e estreitos: I Qual é o valor? **STAB. Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 9, p. 28-30. set.-dez. 1990.

STOLF, R.; BARBOSA, V. Quantidade de muda nos sulcos de plantio de cana de açúcar em espaçamentos convencionais e estreitos: II Fórmulas de previsão e controle. **STAB. Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 10, p. 11-15. set.-dez. 1991.

STOLF, R.; FERNANDES, J.; FURLANI NETO, V.L. Influência do plantio mecanizado no índice de germinação da cana de açúcar. In: CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE DOS TECNOLOGISTAS AÇUCAREIROS DO BRASIL, 2., 1981. **Anais...** Rio de Janeiro, 1981. v. 3/4, p. 443-456.

STOLF, R.; FURLANI NETO, V. L.; CERQUEIRA LUZ, P. H. Nova metodologia de mecanização a espaçamento estreito em cana de açúcar. **Álcool & Açúcar**, São Paulo, v. 7, n. 32, p. 14-33. jan.-fev. 1987.

THOMAS, C.A.K. **Desenvolvimento de um sistema de medição de deformações em máquinas agrícolas.** 2003. 100 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal do Rio grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

VEIGA, C.E. **Desenvolvimento de uma máquina para o transplante de mudas de cebola para o sistema de plantio direto.** 2001. 180 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

VITTI, G.C.; MAZZA, J.A. **Planejamento, estratégias de manejo e nutrição da cultura da cana de açúcar.** Piracicaba: Potáfos, 2002. 16p.

YANG, P.C. A study of planting whole stalk seed cane, its germination, growth and sugarcane yield. **Report of Taiwan Sugar Research Institute**, Taiwan, v. 94, p. 19-32, 1981.

ANEXO

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)