

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**ESTUDO DO CRESCIMENTO DA CANA-DE-AÇÚCAR ATRAVÉS DA
META-ANÁLISE**

ROGÉRIO MENDONÇA MARTINS

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia – Área de Concentração em Energia na Agricultura

BOTUCATU – SP

Dezembro – 2001

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**ESTUDO DO CRESCIMENTO DA CANA-DE-AÇÚCAR ATRAVÉS DA
META-ANÁLISE**

ROGÉRIO MENDONÇA MARTINS

Orientadora: Prof^ª. Dra. Sheila Zambello de Pinho

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia – Área de Concentração em Energia na Agricultura

BOTUCATU – SP

Dezembro – 2001

AGRADECIMENTOS

A DEUS, que é a fonte de toda inspiração e sem o qual nada seria possível;

aos meus pais e às minhas irmãs, pela compreensão, paciência e carinho;

à professora Sheila Zambello de Pinho, pela orientação e por ter me incentivado a desenvolver esta pesquisa;

aos professores Ângelo Catâneo (FCA) e Flávio Ferrari Aragon (Departamento de Bioestatística - IB);

às amigas Carla e Mércia, pela colaboração no desenvolvimento deste trabalho;

às colegas de curso, pela companhia e incentivo: Ana Virgínia, Jacinta e Vanderli;

às funcionárias do IAPAR: Clarice e Jaqueline; e

a todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE QUADROS.....	V
LISTA DE TABELAS.....	VI
LISTA DE FIGURAS.....	VIII
RESUMO.....	01
SUMMARY.....	02
1. INTRODUÇÃO.....	03
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	05
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	23
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
5. CONCLUSÕES.....	52
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	54
APÊNDICE 1.....	62

LISTA DE QUADROS

Quadro	Página
1 Alguns modelos de equações para o ajuste das curvas de crescimento e produção.....	7

LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
1 Relação dos trabalhos selecionados, por autor, revista, local do experimento, solo, textura e variedade de cana-de-açúcar.....	25
2 Doses de vinhaça (m ³ /ha), produções de cana-de-açúcar (t/ha) e coeficientes de variação (CV), para o solo arenoso.....	25
3 Doses de vinhaça (m ³ /ha), produções de cana-de-açúcar (t/ha) e coeficientes de variação (CV), para o solo argiloso.....	27
4 Textura do solo, produção, variância, inverso da variância, produto da produção pelo inverso da variância e produto do quadrado da diferença da média ponderada para a dose zero e a produção de cada experimento pelo inverso da variância, para todos os experimentos.....	30
5 Dose de vinhaça, produção, variância, inverso da variância, produto da produção pelo inverso da variância e produto do quadrado da diferença da média ponderada para cada dose e a produção de cada experimento pelo inverso da variância, para o solo arenoso.....	32
6 Dose de vinhaça, produção, variância, inverso da variância, produto da produção pelo inverso da variância e produto do quadrado da diferença da média ponderada para cada dose e a produção de cada experimento pelo inverso da variância, para o solo arenoso, sem os experimentos 1.5 e 1.8.....	34
7 Dose de vinhaça, produção, variância, inverso da variância, produto da produção pelo inverso da variância e produto do quadrado da diferença da média ponderada para cada dose e a produção de cada experimento pelo inverso da variância, para os experimentos 1.4, 1.6, 1.7, 2.2 e 5.1.....	37
8 Dose de vinhaça, produção, variância, inverso da variância, produto da produção pelo inverso da variância e produto do quadrado da diferença da média ponderada para cada dose e a produção de cada experimento pelo inverso da variância, para os experimentos 1.1, 1.2 e 1.3.....	39

9 Dose de vinhaça, produção, variância, inverso da variância, produto da produção pelo inverso da variância e produto do quadrado da diferença da média ponderada para cada dose e a produção de cada experimento pelo inverso da variância para o solo argiloso.....	43
10 Dose de vinhaça, produção, variância, inverso da variância, produto da produção pelo inverso da variância e produto do quadrado da diferença da média ponderada para cada dose e a produção de cada experimento pelo inverso da variância para o solo argiloso, sem os experimentos 1.9 e 1.12.	45
11 Dose de vinhaça, produção, variância, inverso da variância, produto da produção pelo inverso da variância e produto do quadrado da diferença da média ponderada para cada dose e a produção de cada experimento pelo inverso da variância para o solo argiloso sem os experimentos 1.9, 1.12 e 4.1.....	48

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1 Produção média calculada e dose de vinhaça aplicada – Solo arenoso.....	37
2 Modelos ajustados e produção média observada para o Conjunto 1 – Solo arenoso.....	41
3 Modelo ajustado e produção média observada para o Conjunto 2 – Solo arenoso.....	41
4 Produção média calculada e dose de vinhaça aplicada – Solo argiloso.....	48
5 Modelo ajustado e produção média observada – Solo argiloso.....	50

RESUMO

A matemática e a estatística, como ferramentas de trabalho, são utilizadas para melhor explicar resultados de pesquisas. Na área agrônômica, vários trabalhos têm sido desenvolvidos, chegando a diferentes modelos matemáticos.

Este trabalho visa verificar a influência da aplicação de vinhaça na produção de cana-de-açúcar através de modelos estatísticos, utilizando dados de artigos publicados, resumidos pelos processos estabelecidos pela meta-análise.

Foi possível ajustar o modelo de Mitscherlich e uma regressão de terceiro grau aos dados de produção dos experimentos conduzidos em solo arenoso. Para o solo argiloso foi possível o ajuste de um modelo de terceiro grau.

A escolha do modelo que melhor se ajuste a esses resultados é feita através da meta-análise.

STUDY OF THE GROWTH OF THE SUGARCANE THROUGH META-ANALYSIS.
Botucatu, 2001. 68p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) –
Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: ROGÉRIO MENDONÇA MARTINS

Adviser: SHEILA ZAMBELLO DE PINHO

SUMMARY

The Mathematic and the Statistic, as work tools, they are used for best to explain results of researches. In the agronomic area, several works have been developed, arriving to different mathematical models.

This work seeks to verify the influence of the vinasse application in the sugarcane production through statistical models, using data of published articles, summarized by the established processes by the meta-analysis.

It was possible to adjust the model of Mitscherlich and a regression of third degree to the data of production of the experiments driven in sandy soil. For the loamy soil it was possible the adjustment of a model of third degree.

The choice of the model that better adjusted those results is done through the meta-analysis.

Keywords: sugarcane, vinasse, models mathematical, meta-analysis.

1 INTRODUÇÃO

O acúmulo de vinhaça nas usinas, bem como a forma como era descartada, trouxe grandes problemas ao meio ambiente, contaminando o solo e o subsolo e sobretudo comprometendo o lençol freático. A utilização dessa vinhaça como adubo natural vem sendo a solução para esse problema, tendo ainda como vantagem a redução no custo de adubação.

O estudo de modelos matemáticos e estatísticos aplicados ao crescimento das plantas é indispensável para delimitar as condições necessárias ao aumento da produtividade, à resistência a doenças e conseqüentemente à redução do custo e tempo de produção.

Índices fisiológicos tais como taxas de crescimento de culturas podem ser elucidados através da aplicação de modelos matemáticos e estatísticos, uma vez que os mesmos possibilitam uma análise específica para representar curvas de crescimento.

Analisando comparativamente através de modelos, é possível determinar a influência do ambiente no crescimento de culturas. Atualmente, estão sendo

testados modelos de crescimento de culturas que podem prever o crescimento, desenvolvimento e produção em diferentes localidades do mundo, entretanto, há modelos que podem apresentar maior grau de efetividade em relação a determinados componentes como: folhas, peso ou tamanho, profundidade das raízes e produção.

Uma metodologia que permite combinar dados de pesquisas para obtenção de resultados mais abrangentes é a meta-análise.

O objetivo deste trabalho é verificar a influência da aplicação da vinhaça na produção de cana-de-açúcar, visando sua utilização como fertilizante, proporcionando economia e preservação do ambiente. Serão ajustados modelos estatísticos, utilizando dados de artigos publicados, resumidos pelos métodos estabelecidos na meta-análise.

Este trabalho trata do acúmulo de vinhaça nas usinas, fato este que constituía-se num grave problema, uma vez que as indústrias lançavam o produto em rios, contaminando assim solo e subsolo e sobretudo comprometendo o lençol freático e o meio ambiente.

Uma saída barata para esse problema é a utilização da vinhaça como adubo natural na própria cana-de-açúcar, proporcionando assim uma economia na aplicação de adubação química. Neste sentido, o nosso principal objetivo será a comparação entre modelos matemáticos na análise da produção da cana-de-açúcar, em função da quantidade de vinhaça aplicada.

Com este propósito, estudaremos a relação entre as variáveis produção e quantidade de vinhaça, a fim de verificar a inter-relação entre as mesmas, utilizando para tal a metodologia estatística disponível, incluindo a meta-análise.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Nos últimos anos, a elaboração de modelos para estimar o rendimento das culturas vem contando com importantes progressos. Esses modelos pretendem correlacionar os efeitos de diferentes dosagens de adubação com a produção e rendimento das culturas.

Como o cultivo da cana-de-açúcar tem sido muito incrementado no Brasil, aumentou-se a demanda de vários níveis de controle ambiental da cultura canavieira, desde formas de manipulação do solo, profundidade e densidade de plantio, irrigação, controle da maturação, pragas, doenças e aplicação de vinhaça como adubação, etc. (Barbieri, 1993).

Após a criação do Programa Nacional do Álcool (Proálcool), o cultivo de cana-de-açúcar tornou-se uma prática comum quase que em todo o Brasil, diversificando-se sobre os mais variados tipos de solos. Devido ao intenso cultivo, o volume de vinhaça produzido se tornou muito elevado, já que este é o principal resíduo da destilaria. Mesmo sabendo-se da sua elevada carga poluente, a vinhaça era indiscriminadamente despejada em

rios, lagos e áreas produtivas. Para minimizar esse problema, muitos trabalhos foram realizados, visando identificar o valor da vinhaça como fertilizante.

A partir destes estudos, verificou-se que a vinhaça era rica em potássio e outros elementos, e passou-se a ter bons resultados com seu emprego como fertilizante em canaviais de todo o Brasil (Robaina, 1997).

A aplicação de vinhaça aumenta a produtividade da cultura e, paralelamente, ocorre uma redução na concentração de açúcar. Este efeito depressor pode ser ocasionado devido ao crescimento vegetativo mais vigoroso, que leva a um atraso na maturação. Apesar da diminuição na concentração de açúcar (pol % cana), a quantidade total produzida por área aumenta. A quantidade de açúcares e o maior teor de cinzas presentes no caldo são, de modo geral, as principais alterações causadas pelo uso de adubação potássica (Korndorfer, 1990).

Vários autores apresentam métodos para o ajuste de curvas de crescimento, utilizando diversas equações matemáticas que têm se mostrado úteis na produção de análises interpretativas sobre dados de crescimento e produção.

Quadro 1 – Alguns modelos de equações para o ajuste das curvas de crescimento e produção.

Nome	Equação	Linearização
Exponencial	$W = be^{kt}$	$\text{Ln}W = \text{Ln} b + kt$
Gompertz	$W = a \exp(-b \exp(-kt))$	$\text{LnLn}(a/w) = \text{Ln}b - kt$
Logística	$W = a / (1 + b \exp(-kt))$	$\text{Ln}((a - w)/w) = \text{Ln}b - kt$
Hipérbole retangular	$W = at / (k + t)$	$1/W = k / at + 1/a$
Polinomial	$W = at + bt^2 + ct^3 + \dots + k$	$W = at_1 + bt_2 + ct_3$
Polinômio Exponencial	$W = e^{(at+bt^2+ct^3+\dots+k)}$	$\text{Ln}W = at^1 + bt^2 + ct^3 + \dots + k$
Potência de tempo	$W = bt^k$	$\text{Ln}W = \text{Ln} b + k \text{ln} t$
Função Linear simples	$Y_i = \alpha + \beta x_i + u_i \quad i = 1, 2, \dots, n$	
Função Linear múltipla	$Y_i = \alpha + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \beta_k X_{ki} + u_i, i = 1, \dots, n$	
Função Polinomial	$Y_i = at + bt^2 + ct^3 + \dots + k + u_i$	
Função de Mitscherlich	$Y = A [1 - 10^{-C(x+b)}]$	

Fonte: Calbo (1989); Hoffman & Vieira (1983).

Conforme Calbo (1989), o critério mais popular de ajuste de funções matemáticas é a estimativa dos parâmetros através da técnica de minimização da soma dos quadrados dos desvios.

Outros critérios, apesar de menos conhecidos, também são amplamente aceitos: são os referentes à minimização da soma dos módulos dos desvios e à maximização da probabilidade dos parâmetros.

As expressões que melhor representam os fenômenos físicos, químicos e biológicos podem ser enquadradas em dois grupos distintos:

- funções intrinsecamente lineares, como:

$$W = b \exp(kt + E)$$

- funções intrinsecamente não lineares, como:

$$W = b \exp(kt) + E$$

sendo b e k parâmetros do modelo e E o erro aleatório.

De acordo com Draper & Smith (1981) e com Hoffmann & Vieira (1983), as funções intrinsecamente lineares podem ser linearizadas com o uso de transformações apropriadas, enquanto que as funções não lineares, via de regra, não podem ou não devem ser linearizadas para ajuste.

As expressões mais utilizadas para representar os fenômenos biológicos estão relacionadas no Quadro 1 e foram citadas por Calbo (1989), Hoffmann & Vieira (1983), entre outros autores.

Nas funções mencionadas, as formas linearizadas geram, obrigatoriamente, uma estimativa de assíntota superior a de qualquer um dos dados coletados, mesmo que haja erros de amostragem (Calbo, 1989).

Segundo Ferri (1986), os estímulos do meio ambiente causam mudanças drásticas no desenvolvimento das plantas, sendo que o crescimento pode ser medido através dos seguintes aspectos: comprimento, área, peso fresco, peso seco, número de células, dosagem de uma determinada substância, entre outros.

Com relação ao acúmulo de matéria seca da parte aérea da cana, Machado et al. (1982) observaram que este se manifesta através de uma curva sigmóide representado pela função logística.

As comparações quantitativas de crescimento dos sistemas vivos podem ser feitas sob dois aspectos:

- 1) crescimento absoluto: é o crescimento total por unidade de tempo; e
- 2) crescimento relativo: é o crescimento por unidade de tempo, expresso em uma base comum, como por exemplo, por unidade de peso inicial (Ferri, 1986).

Ferri (1986) afirma que, quando a curva sigmóide é simétrica, pode-se usar para expressar o crescimento a fórmula matemática utilizada em uma reação autocatalítica molecular:

$$\log \frac{x}{a-x} = k(t - t_1), \text{ onde:}$$

a - tamanho máximo final

x - tamanho mínimo tempo t

t_1 - tempo no qual metade do tamanho se completou, isto é, quando

$$x = \frac{a}{2}$$

k = constante

Oliveira (1992) identificou modelos matemáticos representativos do crescimento da cana-de-açúcar para encontrar uma função que melhor descreva curvas de crescimento. Com isso, busca conseguir informações a respeito das estimativas dos parâmetros. Assim, é possível, antes mesmo de iniciar o plantio, fazer inferências e ter informações importantes sobre a cultura daquele ano, como, por exemplo, a época de se fazer a adubação em cobertura para obter a melhor resposta da planta e o momento economicamente ótimo de se iniciar o corte.

Carvalho (1996) apresentou um método de comparação de curvas logística e de Gompertz. Comparou as equações ajustadas através de testes dos parâmetros, utilizando-se métodos paramétricos e não-paramétricos. Determinaram-se, também, valores da variável independente x a partir dos quais a diferença entre a assíntota e a curva ajustada deixa de ser significativa.

Garrido (1979) desenvolveu um modelo matemático que se adapta aos experimentos de silvicultura com diferentes densidades, visando a sanar o efeito causado pelas “falhas” ou mortalidade de plantas dentro de uma parcela, alterando, portanto, a densidade inicialmente proposta.

Draper & Smith (apud Oliveira, 1996), destacam três métodos de estimação dos parâmetros de modelos não lineares: Linearização, “Steepest-Descent” e Marquardt. Este último é considerado uma combinação dos dois primeiros. Esses autores dão também uma interpretação geométrica para a função dos resíduos, ressaltando a importância da escolha dos valores iniciais dos parâmetros e sugerem a utilização de todas as informações já existentes, para a escolha desses valores. Como exemplo de funções não lineares usadas para descrever curvas de crescimento, citam a monomolecular, a logística e a de Gompertz, dentre outras.

Castanho (1994) estudou a função logística definida por

$$y = \frac{a}{1 + e^{-(b + Ix)}} \text{ como um modelo de crescimento ajustado a dados ponderais de bovinos.}$$

São descritos diversos métodos para estimação dos parâmetros desta função: alguns, envolvendo processos iterativos que exigem uma grande quantidade de cálculos; outros, que simplificam os cálculos, porém perdem em rigor estatístico.

Para este estudo foram utilizados dados de pesagem de 127 vacas de um rebanho, para cada animal foi ajustada uma curva, através do método de Marquardt. Em todos os casos, houve sempre um efeito altamente significativo para regressão, o que permite dizer que a curva logística se ajusta bem a estes dados de crescimento.

Foram estimados, também, os parâmetros da função logística para cada composição racial. Comparando-se essas estimativas, observaram-se diferenças entre as raças.

Segundo Ludovico (1988), em análise de regressão as características intrínsecas ou outras considerações indicam, algumas vezes, que o modelo apropriado para a situação é um modelo não-linear. Um modelo de regressão é dito não-linear se ele é não-linear como função dos seus parâmetros.

Oliveira (1986) comparou três modelos ajustando-os à uma produção de soja que recebeu seis níveis diferentes de calcário. Como critério de comparação dos modelos, a autora usou a análise de variância, com o teste F, o coeficiente de determinação ajustado para os graus de liberdade, o quadrado médio do desvio da regressão, o critério de informação de Akaike e o total de postos.

Com o objetivo de determinar a produtividade da cana-de-açúcar em decorrência da aplicação de diferentes dosagens de vinhaça e a sua influência na qualidade da cana como matéria-prima industrial, foi conduzido um experimento onde pode-se observar que os maiores aumentos na produtividade ocorreram onde foram aplicadas as dosagens mais elevadas, sendo que os aumentos encontrados são inferiores àqueles assinalados na literatura (Stupiello et al., 1977).

Silva et al. (1978), estudando a necessidade de complementação mineral da cultura de cana-de-açúcar e avaliando os possíveis efeitos da fertilização com vinhaça sobre a produtividade e qualidade tecnológica, constataram aumento da produtividade da cana e aumento de açúcar/ha em um latossolo vermelho escuro.

Orlando Filho, Bittencourt e Alves (1995) conduziram um ensaio usando fertilizante Nitrogênio (N) mineral e doses de vinhaça para avaliar lixiviação de N e a

possível contaminação do lençol freático em um solo arenoso. Concluíram que não ocorreram problemas de poluição devido ao N do fertilizante mineral ou da vinhaça, provavelmente devido a imobilização microbiológica do N no solo.

Com a finalidade de determinar a dosagem adequada e a necessidade de complementação mineral, assim como avaliar os possíveis efeitos da fertilização com vinhaça sobre a produtividade e qualidade tecnológica da cana-de-açúcar, foi realizado um experimento onde verificou-se que a aplicação de vinhaça no solo contribuiu para elevar a porcentagem de saturação de bases e a capacidade de troca de cátions, evidenciando, assim, os efeitos benéficos da aplicação de vinhaça nas propriedades do solo (Silva et al., 1978).

Serra (1979) desenvolveu um trabalho envolvendo a instalação de dois experimentos de igual delineamento, porém, em solos diferentes, utilizando a variedade CB 41-76. Os tratamentos constam da aplicação de vinhaça mista em quantidades diferentes, complementada também com quantidades diferentes de nitrogênio e de fósforo. No solo arenoso a aplicação de vinhaça foi, entre os fatores estudados, aquele que propiciou os maiores ganhos na produção de colmos e pol por hectare. Também causou um aumento no teor de cinzas do caldo. No solo argiloso, a aplicação de vinhaça apenas mostrou uma tendência de aumento de produção de colmos e pol por hectare.

Com o objetivo de estudar a aplicação de doses de vinhaça em socarias, bem como a sua complementação com fertilizantes minerais em diferentes tipos de solos, foram conduzidos 13 experimentos de campo, distribuídos por diferentes unidades de solos nos estados do São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais, Espírito Santo, Pernambuco, Rio Grande do Norte e Alagoas (Robaina et al., 1983/84). Concluíram que a vinhaça

proporcionou maiores respostas na produção da cana-soca e açúcar em t/ha, quando aplicada em solos com menos de 35% de argila e/ou de baixa fertilidade.

Outra conclusão foi que os benefícios de uma segunda aplicação do resíduo, na produção da soca, foram superiores aos verificados na primeira aplicação. A porcentagem de pol da cana não foi influenciada pela aplicação de vinhaça na maioria dos ensaios, sendo as mesmas dependentes da própria composição do resíduo e das características dos solos estudados, dificultando a padronização das doses (Robaina et al., 1983/84).

Marinho, Albuquerque e Araújo Filho (1982), com o objetivo de avaliar os efeitos da vinhaça e da adubação mineral sobre a produtividade e a qualidade da cana-soca, instalaram experimentos em dois solos de tabuleiro de Alagoas. Utilizaram um delineamento experimental em parcelas subdivididas com cinco repetições em blocos ao acaso, com quatro tratamentos de vinhaça nas parcelas principais e três subparcelas constituídas por adubação mineral. A vinhaça e a adubação mineral provocaram efeitos significativos nas produções de cana e de açúcar nos dois solos estudados.

Penatti et al. (1988) desenvolveram um experimento com o objetivo de estudar o efeito de doses crescentes de vinhaça e nitrogênio na produção da cana-soca, a influência na qualidade tecnológica da matéria-prima e nas propriedades químicas de dois tipos de solo, arenoso e argiloso e o maior retorno econômico da aplicação. A vinhaça proporcionou aumentos significativos de produção para os dois solos.

Glória et al. (1984), com a finalidade de estudar os efeitos da adubação nitrogenada em soqueiras de cana-de-açúcar previamente fertilizadas com vinhaça, instalaram na Usina da Barra, em Barra Bonita - SP, cinco experimentos em blocos casualizados envolvendo três tipos de solo e duas variedades. Os resultados mostraram respostas

significativas à complementação nitrogenada em apenas dois experimentos, apesar de ficar evidente uma tendência a essa resposta em todos os demais.

Silva et al. (1984) estudaram o efeito da vinhaça concentrada na fertilização de soqueira de cana-de-açúcar nas doses de vinhaça aplicadas em 0, 2, 4 e 6 m³/ha, sendo estudado também o efeito do resíduo na presença de nitrogênio e fósforo. Observou-se que a vinhaça concentrada, complementada com nitrogênio, foi eficiente na fertilização da cana-soca, sendo que nessas condições a dose de 2 m³/ha do resíduo foi suficiente para substituir a adubação mineral. Observou-se também, através de amostragens de solo efetuadas na colheita do ensaio, que o resíduo não provocou alterações consideráveis nas propriedades químicas do solo.

Albuquerque & Marinho (1984), para avaliar os efeitos cumulativos de vinhaça e adubação mineral sobre cana-soca, montaram dois experimentos em solos de tabuleiros de Alagoas. Utilizou-se um delineamento experimental em parcelas subdivididas com cinco repetições em blocos ao acaso, com quatro tratamentos de vinhaça nas parcelas principais, onde concluiu-se que a vinhaça proporcionou acréscimos significativos nas três soqueiras, para cana e para açúcar, não interferindo nos valores de pol % na cana e pureza do caldo.

Peixoto et al. (1986), visando a obtenção de dados sobre efeitos de compactação do solo, com o trânsito do caminhão aplicador de vinhaça nas entrelinhas de cana, sobre o rendimento da cana-de-açúcar, instalaram um campo experimental em área de solo aluvial argiloso da Usina Sapucaia, em Campos – RJ. As doses de vinhaça foram estabelecidas de modo que a dose 1 fornecesse a quantidade de N recomendável para cana-soca; as demais foram 2, 3 e 4 vezes o volume da dose 1 e uma testemunha sem vinhaça;

foram aplicadas logo após uma amostragem de solo para determinação de densidade aparente do solo em seguida à colheita da cana-planta. Concluiu-se que a dose de 220 m³/ha de vinhaça foi a que apresentou o maior efeito no rendimento de 2ª folha, do ponto de vista dos custos de aplicação. As doses de vinhaça não influenciaram significativamente na riqueza da cana.

Com a finalidade de estudar os efeitos da vinhaça e da sua complementação nitrogenada em soqueiras de cana-de-açúcar, foram instalados dois ensaios, um na Usina Central Barreiros – PE e outro na Usina São Francisco – RN, envolvendo solos de textura argilosa e textura arenosa, respectivamente.

Os níveis de vinhaça utilizados foram 0, 50, 100, 150 e 200 m³/ha, no solo argiloso e 0, 100, 200, 300 e 400 m³/ha, no solo arenoso. Para a complementação nitrogenada foram usadas doses de 0, 45, 90 e 135 kg N/ha, tendo como fonte a uréia. Os resultados mostraram respostas significativas para as doses de vinhaça e complementação nitrogenada, sendo que para esta, os efeitos foram mais pronunciados no solo de textura argilosa (Sobral, Lira e Guimarães, 1988).

Medina (1991), com a finalidade de estudar o efeito do gesso, do calcário e da mistura gesso + calcário associados e não associados à vinhaça, nas produções agrícola e industrial da cana-de-açúcar, conduziu dois ensaios em solo terra roxa estruturada distrófica. Por ocasião da colheita, foram determinados os seguintes parâmetros: comprimento e diâmetro médio dos colmos, números de colmos, produção de colmos por hectare e produção de açúcar provável e álcool teórico por hectare, além de brix e pol do caldo. Não ocorreram diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos. Porém, uma análise comparativa dos dados mostra tendência para maiores produções no ensaio que recebeu vinhaça.

Visando estudar o efeito da aplicação de doses de vinhaça nas produções de cana-de-açúcar, álcool e açúcar, instalou-se, na Fazenda Experimental Lageado, um experimento em blocos ao acaso com 5 tratamentos e 5 repetições, onde as doses de vinhaça aplicadas foram as seguintes: $T_1 = 0 \text{ m}^3/\text{ha}$; $T_2 = 45 \text{ m}^3/\text{ha}$; $T_3 = 90 \text{ m}^3/\text{ha}$; $T_4 = 180 \text{ m}^3/\text{ha}$; $T_5 = 270 \text{ m}^3/\text{ha}$. Verificou-se que as produções de cana-de-açúcar, álcool teórico e açúcar provável foram prejudicados pela aplicação de $270 \text{ m}^3/\text{ha}$ de vinhaça (Vieites & Brinholi, 1991).

Medina & Brinholi (1998) desenvolveram um ensaio com o objetivo de estudar os efeitos do gesso, do calcário e da mistura gesso + calcário, associados à vinhaça, nas produções agrícola e industrial da cana-de-açúcar. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com sete tratamentos e quatro repetições. Todas as parcelas receberam $45 \text{ m}^3/\text{ha}$ de vinhaça. Na colheita foram determinados os seguintes parâmetros: comprimento e diâmetro médio de colmos, número de colmos por hectare, produção de colmos/ha, produções de açúcar provável e álcool teórico/ha. Maiores rendimentos foram encontrados quando o gesso foi associado ao calcário ou à vinhaça.

Mota et al. (1998) desenvolveram um trabalho com o objetivo de avaliar a influência da aplicação de vinhaça no rendimento e na qualidade tecnológica da cana-de-açúcar. O ensaio foi instalado na Fazenda Escola da Universidade Estadual de Londrina, e dividido em blocos ao acaso, com 5 tratamentos e 4 repetições, com parcelas de 48 m^2 . As doses de vinhaça, por tratamento, foram as seguintes: $T_1 = 0 \text{ m}^3/\text{ha}$; $T_2 = 150 \text{ m}^3/\text{ha}$; $T_3 = 300 \text{ m}^3/\text{ha}$; $T_4 = 450 \text{ m}^3/\text{ha}$; $T_5 = 600 \text{ m}^3/\text{ha}$. A produção apresentou melhores resultados nas doses intermediárias (T_3 e T_4), o que também aconteceu com o rendimento do caldo em açúcar e álcool.

Travaglini Júnior (1999), em segunda soqueira de cana-de-açúcar, aplicou doses de 100, 200, 300 e 400 m³/ha de vinhaça diluída, com e sem complementação com KCl, sendo as respostas tecnológicas comparadas com adubação mineral recomendada e com a fertilidade atual de um solo TE. Os dados obtidos permitiram uma avaliação dos efeitos de doses crescentes de vinhaça na maturação, produtividade agrícola e qualidade tecnológica de cana da variedade RB78-5148, assim como uma comparação com o uso do potássio na forma mineral. O tratamento que recebeu a adubação mineral preconizada mostrou melhores resultados em produtividade de cana-de-açúcar e de açúcar, e os menores teores de potássio e cinzas, quando comparados aos demais tratamentos, portanto, matéria-prima de melhor qualidade.

Até o presente momento, apresentamos os vários trabalhos que estudam o uso da vinhaça na produção da cana-de-açúcar.

Como assinalamos anteriormente, utilizaremos a meta-análise para o auxílio deste estudo. Muitos dos trabalhos científicos têm sido publicados utilizando-se esta metodologia, principalmente na área médica. Na área agrônômica, recentemente estão surgindo novas aplicações.

O objetivo principal da meta-análise é combinar resultados de pesquisas para se chegar a uma conclusão mais ampla sobre a questão analisada.

Segundo Petitti (1994), na meta-análise há quatro passos:

1. identificação dos trabalhos com dados relevantes;
2. definição de critérios para inclusão e exclusão de trabalhos;
3. resumo dos dados; e
4. análise estatística dos dados.

A identificação dos trabalhos que apresentam dados relevantes, deve ser desenvolvida de maneira sistemática e com procedimentos explícitos. Esse procedimento distingue a meta-análise de uma revisão qualitativa da literatura. Sendo sistemático, há redução das tendências. Sendo explícito, ajuda a garantir reprodutibilidade.

A identificação de trabalhos publicados, usualmente começa com uma fonte de referência pessoal e com procura em revistas relacionadas à área, seguida de uma busca em base de dados computadorizada. A pesquisa é feita com a leitura dos títulos e resumos dos trabalhos, excluindo-se tudo que não for relevante. Os trabalhos selecionados são lidos verificando-se se contêm informação sobre a questão de interesse. As listas de referências desses trabalhos são examinadas para identificação de outros trabalhos relacionados ao assunto pesquisado. Em alguns casos, a lista de trabalhos resultante é submetida a um especialista da área, com a finalidade de se checar se algum estudo relevante deixou de ser incluído. Simultaneamente, outras fontes de informações são exploradas, como por exemplo resumos de dissertações publicadas que contenham tópicos e informações pertinentes.

O próximo passo é a definição dos critérios de inclusão e exclusão dos trabalhos selecionados na primeira fase. O objetivo dessa definição é garantir a reprodutibilidade da meta-análise e minimizar tendências na seleção dos trabalhos.

O resumo dos dados é usualmente feito em dois níveis. Primeiro, coletam-se os dados para definir se o estudo será incluído ou não. Para os estudos selecionados, coletam-se os dados e as características do estudo que serão considerados na meta-análise.

A última etapa de uma meta-análise é a análise estatística dos dados. Inclui, freqüentemente, a combinação dos dados para se obter uma estimativa do efeito, uma medida da sua variância, determinação de intervalos de confiança e teste de homogeneidade de efeitos.

Petitti (1994) discute, também, a chamada literatura “fugitiva”, definida como aquela publicada em capítulo de livros, anais de congressos, simpósios etc., além de dissertações e teses. É assim denominada porque este material é difícil de ser identificado e porque esses documentos são difíceis de serem encontrados.

Embora a maioria dos experimentos descritos tenha sido conduzida para verificar a influência da aplicação de doses de vinhaça na produção da cana-de-açúcar, quase a totalidade dos trabalhos analisados não foi conduzida no sentido de se estabelecer um modelo relacionando essas duas variáveis.

Segundo Petitti (1994), na meta-análise, quando o tamanho do efeito é medido em uma escala contínua, deve-se considerar duas situações: a) todos os trabalhos incluídos no estudo usam a mesma medida do efeito; b) todos os trabalhos estão relacionados à mesma questão mas a medida do efeito é feita usando instrumentos diferentes e, portanto, escalas diferentes. Os métodos para tratar ambas as situações estão descritos em Petitti (1994).

Para variáveis contínuas medidas na mesma escala, o resumo dos dados pode ser obtido através de fórmulas para estimar média ponderada, estatística para testar sua homogeneidade e determinação de intervalo de confiança.

A análise estatística dos dados pode ser feita através de métodos usuais descritos na literatura, de acordo com o tipo de variável que está sendo estudada.

Especialistas podem ser uma boa fonte de informação sobre publicações na literatura fugitiva, pois podem entrar em contato com pessoas que publicam no campo de interesse específico para saber se existem novos materiais publicados que sejam importantes à pesquisa.

A geração de informações que possibilitará a obtenção de um conjunto de dados deverá ser segura, válida e não tendenciosa para que se possa criar um registro permanente e disponível para outros pesquisadores. A confiança é uma questão de preocupação em resumos de informação de relatórios escritos (Petitti, 1994).

A decisão para definir critérios de elegibilidade de estudos para uma meta-análise deve estar baseada em um raciocínio científico e, antes da coleta dos dados que farão parte do estudo, deve ser feito um estudo sistemático e rigoroso. É importante verificar se um estudo é elegível para uma meta-análise antes de fazer uma análise estatística dos dados, pois isto minimiza o risco de se executar um trabalho parcial.

Para estudos não experimentais, as regras para escolha das estimativas de efeito deveriam ser estabelecidas antecipadamente.

As primeiras metas da análise estatística de dados de vários estudos são calcular uma medida de tamanho de efeito, a variância da estimativa de tamanho de efeito, e um intervalo de confiança. A próxima meta é determinar uma estatística que pode ser usada para prova de hipótese. Por último, são usados métodos estatísticos para testar a hipótese de que os efeitos são homogêneos (Petitti, 1994).

Uma consequência importante para conclusões em meta-análise é a escolha de um método baseado em um modelo de efeitos fixos ou um modelo de efeitos aleatórios.

Petitti (1994) cita o método de Mantel - Haenszel (Mantel & Haenszel, 1959) e afirma ser este um método que agrupa dados por extratos. Considera-o apropriado por analisar dados para uma meta-análise, sendo que sua base se encontra na suposição de efeito fixo que pode ser usada quando a medida de efeito for uma medida de relação.

Quando o valor de p para o teste de homogeneidade é maior do que o valor crítico de α (normalmente 0,05), a hipótese de homogeneidade é rejeitada. Rejeitando a hipótese de que os estudos são homogêneos, o pesquisador pode concluir que os estudos não estão medindo um efeito do mesmo tamanho, o que quer dizer que os estudos são heterogêneos.

O objetivo da meta-análise não é simplesmente calcular uma medida global de efeito, mas calcular a relação entre alguma medida de intensidade de exposição.

Na meta-análise podem ser usados modelos estatísticos para explorar a relação entre várias descrições de estudo e o tamanho de efeito ou examinar as razões para heterogeneidade.

Usualmente a meta-análise é utilizada no tratamento de dados clínicos, com o objetivo de identificar um tratamento particular diante de uma variedade de experiências separadas, e através da combinação dos resultados publicados de cada experiência, estima-se um efeito global deste tratamento por métodos estatísticos aplicáveis, tais como o de Rao, Kaplan, e Cochran (apud Stram, 1996, p. 536), o qual permite combinar dados e resultados por recursos de estimativas estatísticas, enquanto leva em conta a variabilidade da amostragem inerente em cada estimativa de estudo.

A meta-análise é uma metodologia apropriada para tirar conclusões quando a suposição da homogeneidade se verifica. DerSimonian & Laird (apud Stram, 1996,

p. 536), por exemplo, discutem os modelos de efeitos aleatórios pela análise de comparações de dois tratamentos específicos. Na meta-análise que eles consideram, cada estudo reconhece uma estimativa independente de uma comparação do tratamento de interesse e um efeito de tratamento médio e estimado, onde a média baseia-se numa população hipotética dos estudos do potencial dos tratamentos.

Giannotti (2000) utilizou a meta-análise com o objetivo de resumir as estimativas de correlação genética entre pesos ao nascer e desmama de bovinos de corte de origem zebuína. Com este objetivo, utilizou-se de um conjunto de estimativas obtidas em 39 trabalhos publicados no período de 1968 a 2000.

Os dados foram analisados de acordo com os modelos fixo e aleatório, este último sob as técnicas da máxima verossimilhança restrita e método dos momentos. Para a situação específica desse estudo, a autora observou que o modelo fixo não foi apropriado em virtude da falta de homogeneidade das estimativas de correlação, sendo, portanto, recomendável o modelo aleatório. A análise de subgrupo indicou heterogeneidades dos estudos. Após o tratamento estatístico dos dados, a referida autora concluiu que a meta-análise constitui-se numa técnica que deve ser implementada para essa e outras finalidades.

Muitos trabalhos científicos têm sido publicados utilizando a meta-análise, principalmente na área médica. No entanto, não encontramos outras publicações da área agrônômica utilizando a meta-análise como procedimento estatístico.

3 MATERIAL E MÉTODOS

A identificação dos trabalhos publicados com dados relevantes foi feita através de pesquisa em revistas científicas relacionadas à área, busca em base de dados computadorizada, pesquisa de lista bibliográfica dos trabalhos encontrados e consulta a especialista da área. As revistas pesquisadas foram: coleção completa de *Brasil Açucareiro*, a *Saccharum STAB*, *Boletim Técnico Copersucar* e *Boletim Técnico Planalsucar*. Também foram pesquisadas as revistas *PAB – Pesquisa Agropecuária Brasileira*, *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, *Revista Ciência Agrícola* e *Semina*. Entre as bases de dados computadorizadas pesquisadas têm-se: *Agricultura Técnica* e *Bragantia* – Scielo; *Agricultural and Forest Meteorology*, *Agricultural Systems* e *Agriculture, Ecosystems & Environment* – Elsevier, *Agrícola*, *Biological Abstracts*, *International Sugar Journal*, *Tropical Agriculture* – Ovid, *Dedalus* – ESALQ.

Para minimizar a tendência causada pela literatura “fugitiva” pesquisou-se também a coleção de dissertações e teses da Biblioteca da Faculdade de Ciências

Agronômicas da UNESP, Campus de Botucatu; da Biblioteca da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, da USP, Piracicaba; da Biblioteca da Universidade Estadual de Londrina – UEL; e na Biblioteca do Instituto Agrônomo do Paraná – IAPAR, Londrina.

A pesquisa foi feita através da leitura dos títulos e resumos dos trabalhos, selecionando-se todos que se relacionavam com a produção de cana-de-açúcar e aplicação de vinhaça no solo. Nas bases de dados computadorizadas, a procura foi realizada pelo termo “vinhaça”, relacionado à cana-de-açúcar. Os trabalhos selecionados foram lidos, verificando-se as informações sobre a questão de interesse. Foram considerados os trabalhos que continham informações sobre doses de vinhaça aplicadas, produção correspondente, variância ou quaisquer informações que permitissem sua determinação (coeficiente de variação ou diferença mínima significativa para teste de contrastes de médias), solo e textura. Além destas variáveis foram coletadas informações adicionais tais como variedade, corte (cana planta, soca), delineamento experimental, número de repetições e local do experimento.

Foram encontrados 49 trabalhos relacionados à aplicação de vinhaça em cultura de cana-de-açúcar. Destes, 6 foram selecionados por apresentarem as informações necessárias à análise, abrangendo 21 experimentos. Os demais encontram-se no Apêndice 1.

Como critério para a inclusão do trabalho na meta-análise considerou-se a apresentação das informações necessárias: dose de vinhaça, produção, uma medida da variabilidade e tipo de solo. Os trabalhos selecionados encontram-se caracterizados na Tabela 1.

Tabela 1 - Relação dos trabalhos selecionados, por autor, revista, local do experimento, solo, textura e variedade de cana-de-açúcar.

Número	Autor	Revista	Local do Experimento	Solo	Textura	Variedade
1.1	Robaina et al.	Brasil Açucareiro	Faz. Santana (A) (MG)	PV	Arenoso	CB45-3
1.2	Robaina et al.	Brasil Açucareiro	Faz. S. Luiz (A) (RJ)	LV	Arenoso	CB45-3
1.3	Robaina et al.	Brasil Açucareiro	Faz. Guandu (A) (RJ)	PA	Arenoso	CB45-3
1.4	Robaina et al.	Brasil Açucareiro	Faz. Guandu (B) (RJ)	PA	Arenoso	CB45-3
1.5	Robaina et al.	Brasil Açucareiro	Faz. P. Negra (A) (RJ)	PA	Arenoso	CB45-3
1.6	Robaina et al.	Brasil Açucareiro	Faz. P. Negra (B) (RJ)	PA	Arenoso	CB45-3
1.7	Robaina et al.	Brasil Açucareiro	Faz. N. S. Carmo (B) (RJ)	PA	Arenoso	CB45-3
1.8	Robaina et al.	Brasil Açucareiro	Faz. Capelinha (B) (RJ)	LV	Arenoso	CB45-3
1.9	Robaina et al.	Brasil Açucareiro	Faz. Olinda (A) (RJ)	AL	Argiloso	CP51-22
1.10	Robaina et al.	Brasil Açucareiro	Faz. Cupim (A) (RJ)	GS	Argiloso	CP51-22
1.11	Robaina et al.	Brasil Açucareiro	Faz. Paineiras (A) (ES)	AL	Argiloso	CB45-3
1.12	Robaina et al.	Brasil Açucareiro	Faz. Grande (A) (RJ)	GS	Argiloso	CB45-3
1.13	Robaina et al.	Brasil Açucareiro	Faz. S. Rita (B) (MG)	AL	Argiloso	CB45-3
2.1	Sobral et al.	Brasil Açucareiro	Us. Central Barreiros (PE)	PV1	Argiloso	Co997
2.2	Sobral et al.	Brasil Açucareiro	Us. São Francisco (RN)	LVd2	Arenoso	CB45-3
3.1	Marinho et al.	Brasil Açucareiro	Us. Santo Antonio (AL)	LVd8	Argiloso	CB45-3
3.2	Marinho et al.	Brasil Açucareiro	Destilaria Paise (AL)	LVd12	T. Média	CB45-3
4.1	Peixoto et al.	STAB jul./ago.	Us. Sapucaia (RJ)		Argiloso	CB45-3
5.1	Orlando Filho et al.	STAB jul./ago.			Arenoso	RB72-454
6.1	Penatti et al.	Copersucar out.	Faz. São Pedro (SP)	LVAa	Arenoso	SP70-1143
6.2	Penatti et al.	Copersucar out.	Faz. Sales (SP)	LR	Argiloso	SP71-1406

Nas Tabelas 2 e 3 estão apresentados os dados compilados para a realização da meta-análise, separados por textura do solo.

Tabela 2 - Doses de vinhaça (m^3/ha), produções de cana-de-açúcar (t/ha) e coeficientes de variação (CV), para o solo arenoso.

Número do experimento	Autor	Doses (m^3/ha)	Produção (t/ha)	CV
1.1	Robaina et al. (1983/84)	0	48,75	12,08
		60	48,88	
		120	59,54	
		180	60,03	
1.2	Robaina et al. (1983/84)	0	51,22	16,14
		60	55,44	
		120	60,53	
		180	62,28	

Número do experimento	Autor	Doses (m ³ /ha)	Produção (t/ha)	CV
1.3	Robaina et al. (1983/84)	0	46,41	9,1
		40	50,66	
		80	54,45	
		120	56,53	
1.4	Robaina et al. (1983/84)	0	45,34	24,99
		35	61,63	
		70	79,13	
		105	76,82	
1.5	Robaina et al. (1983/84)	0	76,09	7,81
		70	79,10	
		140	88,33	
		210	89,49	
1.6	Robaina et al. (1983/84)	0	68,16	9,17
		35	86,76	
		70	101,19	
		105	106,80	
1.7	Robaina et al. (1983/84)	0	71,45	10,51
		35	76,59	
		70	75,36	
		105	82,19	
1.8	Robaina et al. (1983/84)	0	37,32	20,04
		40	31,06	
		80	41,97	
		120	49,90	
2.2	Sobral et al. (1988)	0	63,00	15,1
		100	89,00	
		200	107,00	
		300	106,00	
		400	118,00	
5.1	Orlando Filho et al. (1995)	0	55,75	13,71
		150	96,88	
		300	108,8	
		600	102,83	
6.1	Penatti et al. (1988)	0	54	11,63
		50	57	
		100	72	
		150	75	

Tabela 3 - Doses de vinhaça (m³/ha), produções de cana-de-açúcar (t/ha) e coeficientes de variação (CV), para o solo argiloso.

Número do experimento	Autor	Doses (m ³ /ha)	Produção (t/ha)	CV
1.9	Robaina et al. (1983/84)	0	57,27	8,78
		70	58,32	
		140	60,43	
		210	63,02	
1.10	Robaina et al. (1983/84)	0	89,29	9,51
		40	91,18	
		80	93,61	
		120	95,63	
1.11	Robaina et al. (1983/84)	0	102,91	8,53
		60	101,00	
		120	106,31	
		180	105,80	
1.12	Robaina et al. (1983/84)	0	58,78	16,45
		40	59,98	
		80	63,13	
		120	62,09	
1.13	Robaina et al. (1983/84)	0	108,81	11,02
		35	112,09	
		70	123,18	
		105	128,32	
2.1	Sobral et al. (1988)	0	89,00	17,38
		50	99,00	
		100	102,00	
		150	115,00	
		200	123,00	
3.1	Marinho et al. (1982)	0	87,01	7,6
		45	94,65	
		90	96,52	
		135	97,88	
4.1	Peixoto et al. (1986)	0	73,33	11,23
		110	84,44	
		220	88,78	
		330	93,32	
		440	91,81	
6.2	Penatti et al. (1988)	0	96	7,53
		50	105	
		100	106	
		150	112	

Para a obtenção da média de produção, para cada dose de vinhaça aplicada, utilizou-se a fórmula:

$$\bar{x}_d = \frac{\sum_{i=1}^n (W_i \cdot P_i)}{\sum_{i=1}^n W_i}, \text{ sendo } W_i = 1/s_i^2$$

onde \bar{x}_d é a média de produção da dose d calculada através da ponderação de cada produção (P_i) pelo inverso da variância (s_i^2) e n é o número de observações na dose d considerada.

O teste de homogeneidade foi realizado utilizando-se a estatística

$$Q = \sum_{i=1}^n [W_i (\bar{x}_d - P_i)^2]$$

Esta estatística tem distribuição de χ^2 com (n-1) graus de liberdade.

Com o objetivo de se estabelecer conjuntos homogêneos, além deste teste de homogeneidade, os dados de produção foram analisados através de gráficos relacionando dose de vinhaça aplicada e produção.

Para cada conjunto homogêneo foram pesquisados modelos estatísticos que melhor se ajustam aos dados obtidos de produção e dose de vinhaça aplicada. Entre eles considerou-se a Equação de Mitscherlich, com três e quatro parâmetros, regressões

polinomiais e outros modelos de regressões assintóticos com comportamento semelhante ao de Mitscherlich.

- Equação de Mitscherlich:

$$P = A[1 - 10^{-C(x+b)}],$$

onde P é a produção da cultura da cana-de-açúcar;

x é a quantidade de nutrientes a ser colocada no solo;

A é a máxima produção teórica possível;

c é o coeficiente de eficácia do nutriente; e

b é a quantidade de nutrientes já existente no solo, sob forma assimilável pela planta.

- Equação Polinomial (Cúbica):

$$P = ad + bd^2 + cd^3,$$

onde P representa a produção média para cada dose;

d a dose de vinhaça aplicada; e

a, b e c são os parâmetros.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A maior parte dos trabalhos publicados sobre a utilização de vinhaça na cultura de cana-de-açúcar enfatiza a influência do solo no estudo da relação doses de vinhaça e produção. Em virtude deste fato, os dados de produção foram analisados para verificar sua homogeneidade. Para essa análise inicial, escolheu-se a dose zero, única que inclui todos os experimentos. Na Tabela 4, a seguir, tem-se os dados e cálculos necessários para a realização do teste de homogeneidade.

Tabela 4 - Textura do solo, produção, variância, inverso da variância, produto da produção pelo inverso da variância e produto do quadrado da diferença da média ponderada para a dose zero e a produção de cada experimento pelo inverso da variância, para todos os experimentos.

Número	Textura do Solo	Produção (P _i) (t/ha)	Variância	W _i = 1/Var	W _i .P _i	W _i . (X̄ _d - P _i) ²
1.8	Arenoso	37,32	64,457214	0,015514	0,578989	11,825318
1.4	Arenoso	45,34	269,811078	0,003706	0,168044	1,422135
1.3	Arenoso	46,41	22,402591	0,044638	2,071635	15,307754
1.1	Arenoso	48,75	43,026253	0,023242	1,133029	6,083322
1.2	Arenoso	51,22	85,731211	0,011664	0,597449	2,191989
6.1	Arenoso	54,00	56,270252	0,017771	0,959654	2,122458
3.2	T. Média	54,96	105,962113	0,009437	0,518676	0,937790

Número	Textura do Solo	Produção (P _i) (t/ha)	Variância	W _i = 1/Var	W _i .P _i	W _i . (X̄ _d - P _i) ²
5.1	Arenoso	55,75	155,875512	0,006415	0,357657	0,540458
1.9	Argiloso	57,27	27,530253	0,036324	2,080257	2,130456
1.12	Argiloso	58,78	100,674684	0,009933	0,583861	0,375502
2.2	Arenoso	63,00	164,737225	0,006070	0,382427	0,022575
1.6	Arenoso	68,16	69,217604	0,014447	0,984721	0,150870
1.7	Arenoso	71,45	64,470899	0,015511	1,108252	0,659685
4.1	Argiloso	73,33	94,003356	0,010638	0,780079	0,750887
1.5	Arenoso	76,09	42,276267	0,023654	1,799828	2,946807
3.1	Argiloso	87,01	51,053026	0,019587	1,704306	9,550745
2.1	Argiloso	89,00	336,842887	0,002969	0,264218	1,720206
1.10	Argiloso	89,29	77,261555	0,012943	1,155685	7,681500
6.2	Argiloso	96,00	62,215417	0,016073	1,543026	15,517708
1.11	Argiloso	102,91	78,705757	0,012706	1,307528	18,328995
1.13	Argiloso	108,81	169,380334	0,005904	0,6424	11,368437
				0,319147	20,72172	111,64
		64,93				

Nesta tabela, as produções estão ordenadas. O valor da estatística $Q = 111,64$, para a dose zero, é significativo ao nível de 5% de probabilidade ($\chi^2 = 31,41$, com 20 graus de liberdade e $\alpha = 0,05$). Verificam-se altos valores de Q nas extremidades da tabela, ou seja, para produções mais altas e produções mais baixas. Analisando os experimentos quanto à textura do solo, nota-se que os relacionados à textura arenosa estão concentrados na primeira parte da tabela (produções mais baixas), com exceção dos experimentos 1.9 e 1.12 que foram conduzidos em solo argiloso; enquanto que os experimentos relacionados ao solo argiloso encontram-se na parte de baixo da tabela (produções mais altas), com exceção do experimento 1.5 que foi realizado em solo arenoso. Portanto, é razoável separar os experimentos em dois grupos, considerando como critério para essa separação a textura do solo. Com base nesta análise preliminar, a determinação da relação dose de vinhaça e produção foi realizada para cada solo separadamente.

a) Solo arenoso:

A partir dos dados da Tabela 2 foi organizada a Tabela 5, onde se tem os dados de produção e variância determinada a partir do coeficiente de variação de cada experimento, para o solo arenoso. Foram calculados os valores de W_i , $W_i \cdot P_i$ e $W_i (\bar{x}_d - P_i)^2$.

Tabela 5 - Dose de vinhaça, produção, variância, inverso da variância, produto da produção pelo inverso da variância e produto do quadrado da diferença da média ponderada para cada dose e a produção de cada experimento pelo inverso da variância, para o solo arenoso.

Número	Dose (m ³ /ha)	Produção (P _i) (t/ha)	Variância	$W_i = 1/Var$	$W_i \cdot P_i$	$W_i \cdot (\bar{x}_d - P_i)^2$
1.1	0	48,75	43,02625	0,023242	1,133029	1,068459
1.2	0	51,22	85,73121	0,011664	0,597449	0,216703
1.3	0	46,41	22,40259	0,044638	2,071635	3,712916
1.4	0	45,34	269,81110	0,003706	0,168044	0,384866
1.5	0	76,09	42,27627	0,023653	1,799757	9,998203
1.6	0	68,16	69,21760	0,014447	0,984721	2,304481
1.7	0	71,45	64,47090	0,015511	1,108252	3,931052
1.8	0	37,32	64,45721	0,015514	0,578989	5,144702
2.2	0	63,00	164,73720	0,006070	0,382427	0,338704
5.1	0	55,75	155,87550	0,006415	0,357657	0,000310
6.1	0	54,00	56,27025	0,017771	0,959654	0,041615
Soma				0,182632	10,14161	27,14
Média		55,53				
1.4	35	61,63	269,81110	0,003706	0,228419	1,158191
1.6	35	86,76	69,21760	0,014447	1,253438	0,802401
1.7	35	76,59	64,47090	0,015511	1,187978	0,114542
Soma				0,033664	2,669835	2,08
Média		79,31				
1.3	40	50,66	22,40259	0,044638	2,261346	1,140703
1.8	40	31,06	64,45721	0,015514	0,481870	3,282056
Soma				0,060152	2,743216	4,42
Média		45,60				
6.1	50	57,00	56,27025	0,017771	1,012969	
Soma				0,017771	1,012969	
Média		57,00				

Número	Dose (m ³ /ha)	Produção (P _i) (t/ha)	Variância	W _i = 1/Var	W _i . P _i	W _i . (X _d - P _i) ²
1.1	60	48,88	43,02625	0,023242	1,136051	0,111685
1.2	60	55,44	85,73121	0,011664	0,646672	0,222537
Soma				0,034906	1,782723	0,33
Média		51,07				
1.4	70	79,13	269,8111	0,003706	0,293279	0,075981
1.5	70	79,10	42,27627	0,023653	1,870952	0,491349
1.6	70	101,19	69,21760	0,014447	1,461911	4,440768
1.7	70	75,36	64,47090	0,015511	1,168899	1,067968
Soma				0,057317	4,795042	6,08
Média		83,66				
1.3	80	54,45	22,40259	0,044638	2,430522	0,462477
1.8	80	41,97	64,45721	0,015514	0,65113	1,330647
Soma				0,060152	3,081652	1,79
Média		51,23				
2.2	100	89,00	164,73720	0,00607	0,540254	0,974711
6.1	100	72,00	56,27025	0,017771	1,279539	0,332938
Soma				0,023842	1,819794	1,31
Média		76,33				
1.4	105	76,82	269,81110	0,003706	0,284718	0,872179
1.6	105	106,80	69,21760	0,014447	1,542960	3,096349
1.7	105	82,19	64,47090	0,015511	1,274839	1,541876
Soma				0,033664	3,102517	5,51
Média		92,16				
1.1	120	59,54	43,02625	0,023242	1,383806	0,190811
1.2	120	60,53	85,73121	0,011664	0,706044	0,173370
1.3	120	56,53	22,40259	0,044638	2,523369	0,000935
1.8	120	49,90	64,45721	0,015514	0,774157	0,712049
Soma				0,095058	5,387376	1,08
Média		56,67				
1.5	140	88,33	42,27627	0,023653	2,089269	
Soma				0,023653	2,089269	
Média		88,33				
5.1	150	96,88	155,87550	0,006415	0,621522	1,658074
6.1	150	75,00	56,27025	0,017771	1,332853	0,598556
Soma				0,024187	1,954375	2,26
Média		80,80				
1.1	180	60,03	43,02625	0,023242	1,395195	0,013139
1.2	180	62,28	85,73121	0,011664	0,726457	0,026179
Soma				0,034906	2,121651	0,04
Média		60,78				
2.2	200	107,00	164,73720	0,006070	0,649519	
Soma				0,006070	0,649519	
Média		107,00				
1.5	210	89,49	42,27627	0,023653	2,116707	
Soma				0,023653	2,116707	
Média		89,49				

Número	Dose (m ³ /ha)	Produção (P _i) (t/ha)	Variância	W _i = 1/Var	W _i . P _i	W _i . (X̄ _d - P _i) ²
2.2	300	106,00	164,73720	0,006070	0,643449	0,012565
5.1	300	108,8	155,87550	0,006415	0,697993	0,011889
Soma				0,012486	1,341442	0,02
Média		107,44				
2.2	400	118,00	164,73720	0,006070	0,716292	
Soma				0,006070	0,716292	
Média		118,00				
5.1	600	102,83	155,87550	0,006415	0,659693	
Soma				0,006415	0,659693	
Média		102,83				

O valor da estatística $Q = 27,14$, para a dose zero, é significativo ao nível de 5% de probabilidade ($Q^2 = 18,31$, com 10 graus de liberdade e $\alpha = 0,05$). Verifica-se que o experimento 1.5 tem a maior contribuição para essa estatística. Na dose 40, o valor de $Q = 4,42$ também é significativo ao nível de significância estabelecido. Verifica-se que o experimento 1.8 apresentou produção muito menor que os demais em todas as doses. Os valores de Q para as demais doses foram não significativos. Repetida a análise sem os experimentos 1.5 e 1.8, têm-se os resultados na Tabela 6.

Tabela 6 - Dose de vinhaça, produção, variância, inverso da variância, produto da produção pelo inverso da variância e produto do quadrado da diferença da média ponderada para cada dose e a produção de cada experimento pelo inverso da variância, para o solo arenoso, sem os experimentos 1.5 e 1.8.

Número	Dose (m ³ /ha)	Produção (P _i) (t/ha)	Variância	W _i = 1/Var	W _i . P _i	W _i . (X̄ _d - P _i) ²
1.1	0	48,75	43,02625	0,023242	1,133029	0,667676
1.2	0	51,22	85,73121	0,011664	0,597449	0,097409
1.3	0	46,41	22,40259	0,044638	2,071635	2,646440
1.4	0	45,34	269,81108	0,003706	0,168044	0,285050
1.6	0	68,16	69,21760	0,014447	0,984721	2,851988
1.7	0	71,45	64,47090	0,015511	1,108252	4,663842
2.2	0	63,00	164,73723	0,006070	0,382427	0,479767
5.1	0	55,75	155,87551	0,006415	0,357657	0,017259
6.1	0	54,00	56,27025	0,017771	0,959654	0,000214
Soma				0,143465	7,762868	11,71
Média		54,11				

Número	Dose (m ³ /ha)	Produção (P _i)		W _i = 1/Var	W _i · P _i	W _i · (X̄ _d - P _i) ²
		(t/ha)	Variância			
1.4	35	61,63	269,81108	0,003706	0,228419	1,158191
1.6	35	86,76	69,21760	0,014447	1,253438	0,802401
1.7	35	76,59	64,47090	0,015511	1,187978	0,114542
Soma				0,033664	2,669835	2,08
Média		79,31				
1.3	40	50,66	22,40259	0,044638	2,261346	
Soma				0,044638	2,261346	
Média		50,66				
6.1	50	57,00	56,27025	0,017771	1,012969	
Soma				0,017771	1,012969	
Média		57,00				
1.1	60	48,88	43,02625	0,023242	1,136051	0,111685
1.2	60	55,44	85,73121	0,011664	0,646672	0,222537
Soma				0,034906	1,782723	0,33
Média		51,07				
1.4	70	79,13	269,81108	0,003706	0,293279	0,221468
1.6	70	101,19	69,21760	0,014447	1,461911	2,966672
1.7	70	75,36	64,47090	0,015511	1,168899	2,051351
Soma				0,033664	2,924090	5,24
Média		86,86				
1.3	80	54,45	22,40259	0,044638	2,430522	
Soma				0,044638	2,430522	
Média		54,45				
2.2	100	89,00	164,73723	0,006070	0,540254	0,974711
6.1	100	72,00	56,27025	0,017771	1,279539	0,332938
Soma				0,023842	1,819794	1,31
Média		76,33				
1.4	105	76,82	269,81108	0,003706	0,284718	0,872179
1.6	105	106,80	69,21760	0,014447	1,542960	3,096349
1.7	105	82,19	64,47090	0,015511	1,274839	1,541876
Soma				0,033664	3,102517	5,51
Média		92,16				
1.1	120	59,54	43,02625	0,023242	1,383806	0,055403
1.2	120	60,53	85,73121	0,011664	0,706044	0,074896
1.3	120	56,53	22,40259	0,044638	2,523369	0,095939
Soma				0,079544	4,613219	0,23
Média		58,00				
5.1	150	96,88	155,87551	0,006415	0,621522	1,658074
6.1	150	75,00	56,27025	0,017771	1,332853	0,598556
Soma				0,024187	1,954375	2,26
Média		80,80				
1.1	180	60,03	43,02625	0,023242	1,395195	0,013139
1.2	180	62,28	85,73121	0,011664	0,726457	0,026179
Soma				0,034906	2,121651	0,04
Média		60,78				

Número	Dose (m ³ /ha)	Produção (P _i) (t/ha)	Variância	W _i = 1/Var	W _i .P _i	W _i . (X̄ _d - P _i) ²
2.2	200	107,00	164,73723	0,006070	0,649519	
Soma				0,006070	0,649519	
Média		107,00				
2.2	300	106,00	164,73723	0,006070	0,643449	0,012565
5.1	300	108,80	155,87551	0,006415	0,697993	0,011889
Soma				0,012486	1,341442	0,02
Média		107,44				
2.2	400	118,00	164,73723	0,006070	0,716292	
Soma				0,006070	0,716292	
Média		118,00				
5.1	600	102,83	155,87551	0,006415	0,659693	
Soma				0,006415	0,659693	
Média		102,83				

Os resultados de Q indicam conjuntos homogêneos em cada dose. No entanto, verifica-se que as doses são compostas por número diferente de experimentos. Assim, a produção relativa à dose 120, por exemplo, é determinada apenas pelos experimentos 1.1, 1.2 e 1.3. Essa característica ocorre com as demais doses, com exceção da dose zero, a qual inclui todos os experimentos.

Analisando a Figura 1, onde estão representados os dados de produção média ajustada para cada dose e as doses de vinhaça aplicadas, verifica-se que há dois conjuntos distintos: (a) Conjunto 1, formado pelos experimentos 1.4, 1.6, 1.7, 2.2 e 5.1 e (b) Conjunto 2, composto pelos experimentos 1.1, 1.2 e 1.3. O experimento 6.1 apresentou produção semelhante ao conjunto 2 para doses baixas de vinhaça e produção entre os dois conjuntos para doses mais elevadas. O experimento 6.1 foi realizado com a variedade SP70-1143 enquanto que a maioria dos experimentos utilizou a variedade CB45-3. Todavia, vale observar que além do tipo de solo outros fatores tais como o clima, a região geográfica na qual se insere, entre outros, também interferem na produção.

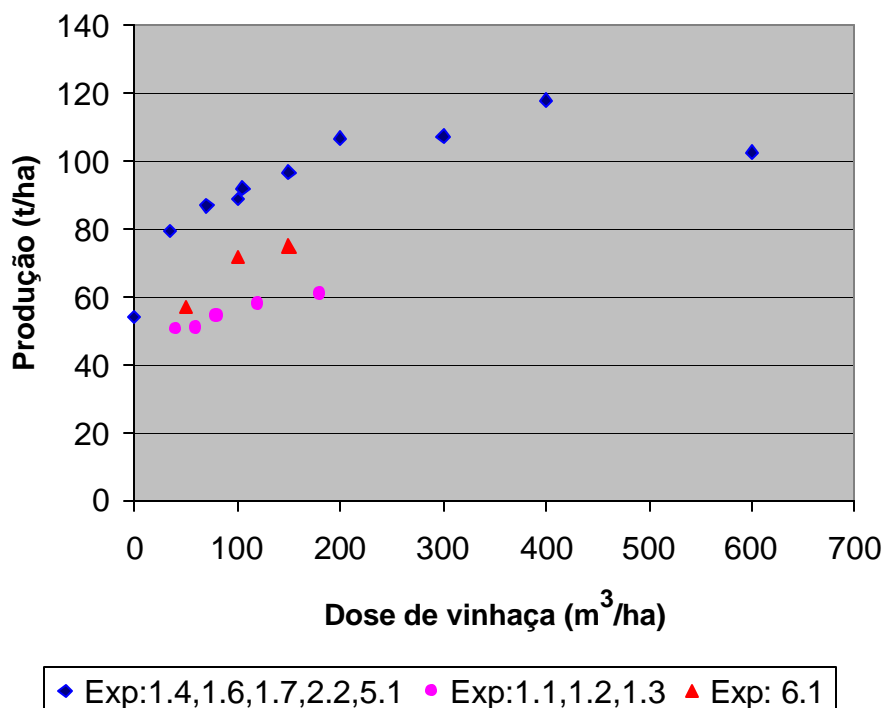


Figura 1 - Produção média calculada e dose de vinhaça aplicada - Solo arenoso.

Nas Tabelas 7 e 8 encontram-se os dados dos dois conjuntos tratados separadamente.

Tabela 7 - Dose de vinhaça, produção, variância, inverso da variância, produto da produção pelo inverso da variância e produto do quadrado da diferença da média ponderada para cada dose e a produção de cada experimento pelo inverso da variância, para os experimentos 1.4, 1.6, 1.7, 2.2 e 5.1.

Número	Dose (m³/ha)	Produção (P _i)		W _i = 1/Var	W _i . P _i	W _i . (X̄ _d - P _i) ²
		(t/ha)	Variância			
1.4	0	45,34	269,81108	0,003706	0,168044	1,436807
1.6	0	68,16	69,21760	0,014447	0,984721	0,141606
1.7	0	71,45	64,47090	0,015511	1,108252	0,639453
2.2	0	63,00	164,73723	0,006070	0,382427	0,024996
5.1	0	55,75	155,87551	0,006415	0,357657	0,552392
Soma				0,046150	3,001100	2,80
Média		65,03				

Número	Dose (m ³ /ha)	Produção (P _i)		W _i = 1/Var	W _i · P _i	W _i · (X̄ _d - P _i) ²
		(t/ha)	Variância			
1.4	35	61,63	269,81108	0,003706	0,228419	1,158191
1.6	35	86,76	69,21760	0,014447	1,253438	0,802401
1.7	35	76,59	64,47090	0,015511	1,187978	0,114542
Soma				0,033664	2,669835	2,08
Média		79,31				
1.4	70	79,13	269,81108	0,003706	0,293279	0,221468
1.6	70	101,19	69,21760	0,014447	1,461911	2,966672
1.7	70	75,36	64,47090	0,015511	1,168899	2,051351
Soma				0,033664	2,924090	5,24
Média		86,86				
2.2	100	89,00	164,73723	0,006070	0,540254	
Soma				0,006070	0,540254	
Média		89,00				
1.4	105	76,82	269,81108	0,003706	0,284718	0,872179
1.6	105	106,80	69,21760	0,014447	1,542960	3,096349
1.7	105	82,19	64,47090	0,015511	1,274839	1,541876
Soma				0,033664	3,102517	5,51
Média		92,16				
5.1	150	96,88	155,87551	0,006415	0,621522	
Soma				0,006415	0,621522	
Média		96,88				
2.2	200	107,00	164,73723	0,006070	0,649519	
Soma				0,006070	0,649519	
Média		107,00				
2.2	300	106,00	164,73723	0,006070	0,643449	0,012565
5.1	300	108,8	155,87551	0,006415	0,697993	0,011889
Soma				0,012486	1,341442	0,02
Média		107,44				
2.2	400	118,00	164,73723	0,006070	0,716292	
Soma				0,006070	0,716292	
Média		118,00				
5.1	600	102,83	155,87551	0,006415	0,659693	
Soma				0,006415	0,659693	
Média		102,83				

Tabela 8 - Dose de vinhaça, produção, variância, inverso da variância, produto da produção pelo inverso da variância e produto do quadrado da diferença da média ponderada para cada dose e a produção de cada experimento pelo inverso da variância, para os experimentos 1.1, 1.2 e 1.3.

Número	Dose (m ³ /ha)	Produção (P _i)		W _i = 1/Var	W _i . P _i	W _i . (X̄ _d - P _i) ²
		(t/ha)	Variância			
1.1	0	48,75	43,02625	0,023242	1,133029	0,021017
1.2	0	51,22	85,73121	0,011664	0,597449	0,136506
1.3	0	46,41	22,40259	0,044638	2,071635	0,086128
Soma				0,079544	3,802113	0,24
Média		47,80				
1.3	40	50,66	22,40259	0,044638	2,261346	
Soma				0,044638	2,261346	
Média		50,66				
1.1	60	48,88	43,02625	0,023242	1,136051	0,111685
1.2	60	55,44	85,73121	0,011664	0,646672	0,222537
Soma				0,034906	1,782723	0,33
Média		51,07				
1.3	80	54,45	22,40259	0,044638	2,430522	
Soma				0,044638	2,430522	
Média		54,45				
1.1	120	59,54	43,02625	0,023242	1,383806	0,190811
1.2	120	60,53	85,73121	0,011664	0,706044	0,173370
1.3	120	56,53	22,40259	0,044638	2,523369	0,000935
Soma				0,079544	4,613219	0,37
Média		58,00				
1.1	180	60,03	43,02625	0,023242	1,395195	0,013139
1.2	180	62,28	85,73121	0,011664	0,726457	0,026179
Soma				0,034906	2,121651	0,04
Média		60,78				

Analisando os resultados apresentados nas Tabelas 7 e 8, verifica-se que as doses apresentaram produção homogênea, em todos os casos em que foi possível realizar o teste, ou seja, nos casos em que o número de experimentos foi maior ou igual a 2.

Para o Conjunto 1, dois modelos se ajustaram bem aos dados. O modelo de Mitscherlich, utilizado para representar a produção de uma cultura em relação à

quantidade de nutriente aplicada, tendo parâmetros com significados específicos, e um modelo polinomial de grau 3. São eles:

- Equação de Mitscherlich:

$$P = 110,792[1 - 10^{-0,00391(d + 98,46)}], \quad (R^2 = 0,923)$$

- Equação polinomial (cúbica):

$$P = 67,957 + 0,266d - 0,000434d^2 + 0,000000149d^3 \quad (R^2 = 0,967)$$

onde P representa a produção média para cada dose e d a dose de vinhaça.

A equação de Mitscherlich não se ajustou adequadamente aos dados do Conjunto 2. O modelo ajustado ficou restrito ao polinomial de ordem 3, representado pela equação:

$$P = 47,866 + 0,0226d + 0,00100d^2 - 0,00000405d^3 \quad (R^2 = 0,989)$$

Na Figura 2 e 3 têm-se os modelos ajustados para os dois conjuntos e os dados de produção média calculada, aqui denominada de dados observados.

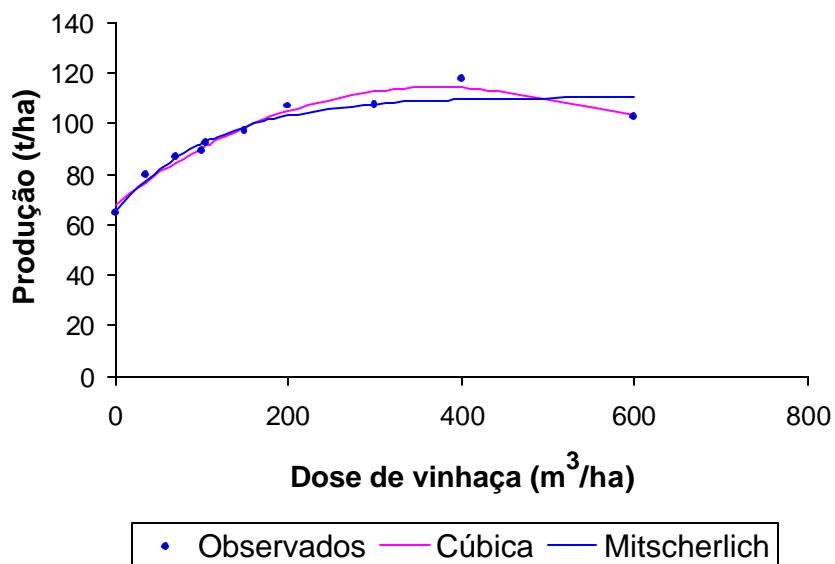


Figura 2 - Modelos ajustados e produção média observada para o Conjunto 1 – Solo arenoso.

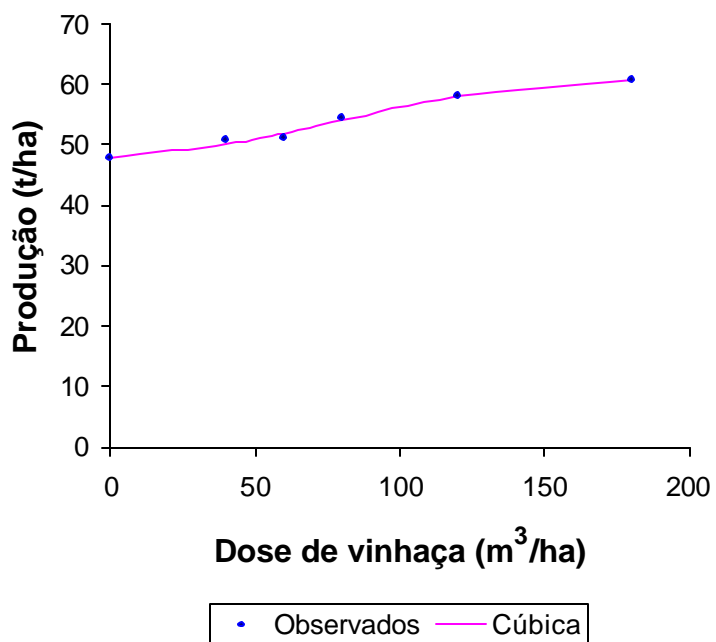


Figura 3 - Modelo ajustado e produção média observada para o Conjunto 2 – Solo arenoso.

Embora a equação de Mitscherlich seja mais adequada ao ajuste de dados de produção relacionados a doses de nutrientes, verifica-se que a regressão cúbica se aproxima mais dos valores observados, acompanhando a tendência a decrescer indicada pela dose 600. No entanto, apenas um experimento utilizou a dose 600. As produções relativas a outras doses também foram avaliadas com apenas uma observação (doses: 100, 150, 200 e 400).

No Conjunto 2, a produção média de duas doses foi avaliada com apenas uma observação (doses: 40 e 80).

Comparando os dois conjuntos, verifica-se que o Conjunto 2 apresentou produções médias bastante inferiores às produções do Conjunto 1. Os trabalhos publicados não deixam claros os motivos para esse comportamento.

A resposta do solo arenoso à aplicação de vinhaça é mais estável até a dosagem de 500 m³/ha, sendo que a partir daí a produção tende a diminuir.

b) Solo argiloso:

A partir dos dados da Tabela 3 foi organizada a Tabela 9, onde se têm os dados de produção e variância determinada a partir do coeficiente de variação de cada experimento, para o solo argiloso. Foram calculados os valores de W_i , $W_i \cdot P_i$ e $W_i (\bar{x}_d - P_i)^2$.

Tabela 9 - Dose de vinhaça, produção, variância, inverso da variância, produto da produção pelo inverso da variância e produto do quadrado da diferença da média ponderada para cada dose e a produção de cada experimento pelo inverso da variância para o solo argiloso.

Número	Dose (m ³ /ha)	Produção (P _i)		W _i = 1/Var	W _i .P _i	W _i . (X̄ _d - P _i) ²
		(t/ha)	Variância			
1.9	0	57,27	27,53025	0,036324	2,080257	17,430177
1.10	0	89,29	77,26156	0,012943	1,155685	1,324077
1.11	0	102,91	78,70576	0,012706	1,307528	7,157287
1.12	0	58,78	100,67468	0,009933	0,583861	4,131945
1.13	0	108,81	169,38033	0,005904	0,642400	5,184753
2.1	0	89,00	336,84289	0,002969	0,264218	0,286537
3.1	0	87,01	51,05303	0,019587	1,704306	1,202224
4.1	0	73,33	94,00336	0,010638	0,780079	0,363514
6.2	0	96,00	62,21542	0,016073	1,543026	4,549660
Soma				0,127076	10,061360	41,63
Média		79,18				
1.13	35	112,09	169,38033	0,005904	0,661765	
Soma				0,005904	0,661765	
Média		112,09				
1.10	40	91,18	77,26156	0,012943	1,180147	2,375439
1.12	40	59,98	100,67468	0,009933	0,595780	3,095285
Soma				0,022876	1,775927	5,47
Média		77,63				
3.1	45	94,65	51,05303	0,019587	1,853955	
Soma				0,019587	1,853955	
Média		94,65				
2.1	50	99,00	336,84289	0,002969	0,293906	0,076148
6.2	50	105,00	62,21542	0,016073	1,687685	0,014065
Soma				0,019042	1,981590	0,09
Média		104,06				
1.11	60	101,58	78,70576	0,012706	1,290630	
Soma				0,012706	1,290630	
Média		101,58				
1.9	70	58,32	27,53025	0,036324	2,118397	2,986936
1.13	70	123,18	169,38033	0,005904	0,727239	18,377174
Soma				0,042228	2,845636	21,36
Média		67,39				
1.10	80	93,61	77,26156	0,012943	1,211599	2,267068
1.12	80	63,13	100,67468	0,009933	0,627069	2,954074
Soma				0,022876	1,838668	5,22
Média		80,38				
3.1	90	96,52	51,05303	0,019587	1,890583	
Soma				0,019587	1,890583	
Média		96,52				

Número	Dose (m ³ /ha)	Produção (P _i) (t/ha)	Variância	W _i = 1/Var	W _i .P _i	W _i . (X̄ _d - P _i) ²
2.1	100	102,00	336,84289	0,002969	0,302812	0,033843
6.2	100	106,00	62,21542	0,016073	1,703758	0,006251
Soma				0,019042	2,006570	0,04
Média		105,38				
1.13	105	128,32	169,38033	0,005904	0,757585	
Soma				0,005904	0,757585	
Média		128,32				
4.1	110	84,44	94,00336	0,010638	0,898266	
Soma				0,010638	0,898266	
Média		84,44				
1.10	120	95,63	77,26156	0,012943	1,237744	0,398594
1.11	120	106,31	78,70576	0,012706	1,350727	3,346565
1.12	120	62,09	100,67468	0,009933	0,616739	7,782223
Soma				0,035582	3,205210	11,53
Média		90,08				
3.1	135	97,88	51,05303	0,019587	1,917222	
Soma				0,019587	1,917222	
Média		97,88				
1.9	140	60,43	27,53025	0,036324	2,195040	
Soma				0,036324	2,195040	
Média		60,43				
2.1	150	115,00	336,84289	0,002969	0,341405	0,019037
6.2	150	112,00	62,21542	0,016073	1,800197	0,003516
Soma				0,019042	2,141602	0,02
Média		112,47				
1.11	180	105,80	78,70576	0,012706	1,344247	
Soma				0,012706	1,344247	
Média		105,80				
2.1	200	123,00	336,84289	0,002969	0,365155	
Soma				0,002969	0,365155	
Média		123,00				
1.9	210	63,02	27,53025	0,036324	2,289118	
Soma				0,036324	2,289118	
Média		63,02				
4.1	220	88,78	94,00336	0,010638	0,944434	
Soma				0,010638	0,944434	
Média		88,78				
4.1	330	93,32	94,00336	0,010638	0,992731	
Soma				0,010638	0,992731	
Média		93,32				
4.1	440	91,81	94,00336	0,010638	0,976667	
Soma				0,010638	0,976667	
Média		91,81				

O valor da estatística $Q = 41,63$, para a dose zero, é significativo ao nível de 5% de probabilidade ($\chi^2 = 15,51$, com 8 graus de liberdade e $\alpha = 0,05$). Verifica-se que o experimento 1.9 tem a maior contribuição para essa estatística. Nas doses 40, 80 e 120, os valores de Q (5,47; 5,22 e 11,53 respectivamente) também são significativos ao nível de significância estabelecido. Verifica-se que o experimento 1.12 tem a maior contribuição em todas essas doses. Esses dois experimentos, 1.9 e 1.12, apresentaram produção menor que os demais em todas as doses, tendo produção semelhante aos apresentados pelos experimentos conduzidos em solos arenosos. O valor de Q para a dose 70 foi significativo, mas inclui o experimento 1.9. Repetida a análise sem os experimentos 1.9 e 1.12, têm-se os resultados na Tabela 10.

Tabela 10 - Dose de vinhaça, produção, variância, inverso da variância, produto da produção pelo inverso da variância e produto do quadrado da diferença da média ponderada para cada dose e a produção de cada experimento pelo inverso da variância para o solo argiloso, sem os experimentos 1.9 e 1.12.

Número	Dose (m ³ /ha)	Produção (P _i)		W _i = 1/Var	W _i . P _i	W _i . (X̄ _d - P _i) ²
		(t/ha)	Variância			
1.10	0	89,29	77,26156	0,012943	1,155685	0,064804
1.11	0	102,91	78,70576	0,012706	1,307528	1,646118
1.13	0	108,81	169,38033	0,005904	0,642400	1,763376
2.1	0	89,00	336,84289	0,002969	0,264218	0,018967
3.1	0	87,01	51,05303	0,019587	1,704306	0,399756
4.1	0	73,33	94,00336	0,010638	0,780079	3,522776
6.2	0	96,00	62,21542	0,016073	1,543026	0,321501
Soma				0,080820	7,397242	7,74
Média		91,53				
1.13	35	112,09	169,38033	0,005904	0,661765	
Soma				0,005904	0,661765	
Média		112,09				
1.10	40	91,18	77,26156	0,012943	1,180147	
Soma				0,012943	1,180147	
Média		91,18				
3.1	45	94,65	51,05303	0,019587	1,853955	
Soma				0,019587	1,853955	
Média		94,65				

Número	Dose (m ³ /ha)	Produção (P _i) (t/ha)	Variância	W _i = 1/Var	W _i · P _i	W _i · (X̄ _d - P _i) ²
2.1	50	99,00	336,84289	0,002969	0,293906	0,076148
6.2	50	105,00	62,21542	0,016073	1,687685	0,014065
Soma				0,019042	1,981590	0,09
Média		104,06				
1.11	60	101,58	78,70576	0,012706	1,290630	
Soma				0,012706	1,290630	
Média		101,58				
1.13	70	123,18	169,38033	0,005904	0,727239	
Soma				0,005904	0,727239	
Média		123,18				
1.10	80	93,61	77,26156	0,012943	1,211599	
Soma				0,012943	1,211599	
Média		93,61				
3.1	90	96,52	51,05303	0,019587	1,890583	
Soma				0,019587	1,890583	
Média		96,52				
2.1	100	102,00	336,84289	0,002969	0,302812	0,033843
6.2	100	106,00	62,21542	0,016073	1,703758	0,006251
Soma				0,019042	2,006570	0,04
Média		105,38				
1.13	105	128,32	169,38033	0,005904	0,757585	
Soma				0,005904	0,757585	
Média		128,32				
4.1	110	84,44	94,00336	0,010638	0,898266	
Soma				0,010638	0,898266	
Média		84,44				
1.10	120	95,63	77,26156	0,012943	1,237744	0,362275
1.11	120	106,31	78,70576	0,012706	1,350727	0,369047
Soma				0,025649	2,588471	0,73
Média		100,92				
3.1	135	97,88	51,05303	0,019587	1,917222	
Soma				0,019587	1,917222	
Média		97,88				
2.1	150	115,00	336,84289	0,002969	0,341405	0,019037
6.2	150	112,00	62,21542	0,016073	1,800197	0,003516
Soma				0,019042	2,141602	0,02
Média		112,47				
1.11	180	105,80	78,70576	0,012706	1,344247	
Soma				0,012706	1,344247	
Média		105,80				
2.1	200	123,00	336,84289	0,002969	0,365155	
Soma				0,002969	0,365155	
Média		123,00				
4.1	220	88,78	94,00336	0,010638	0,944434	
Soma				0,010638	0,944434	
Média		88,78				

Número	Dose (m ³ /ha)	Produção (P _i) (t/ha)	Variância	W _i = 1/Var	W _i · P _i	W _i · (X̄ _d - P _i) ²
4.1	330	93,32	94,00336	0,010638	0,992731	
Soma				0,010638	0,992731	
Média		93,32				
4.1	440	91,81	94,00336	0,010638	0,976667	
Soma				0,010638	0,976667	
Média		91,81				

Os resultados de Q indicam conjuntos homogêneos em cada dose, mas algumas delas são compostas por apenas um experimento. Somente a dose zero inclui todos os experimentos.

Analisando a Figura 4, onde estão representados os dados de produção média ajustada para cada dose e as doses de vinhaça aplicadas, verifica-se que o experimento 4.1 e o experimento 1.13 não estão combinados com outros para o cálculo de produção média, e são muito diferentes dos demais. O experimento 4.1 foi realizado com três doses acima dos demais e o experimento 1.13 apresentou produções bem mais elevadas. Com a inclusão desses dois experimentos não foi possível o ajuste de qualquer modelo.

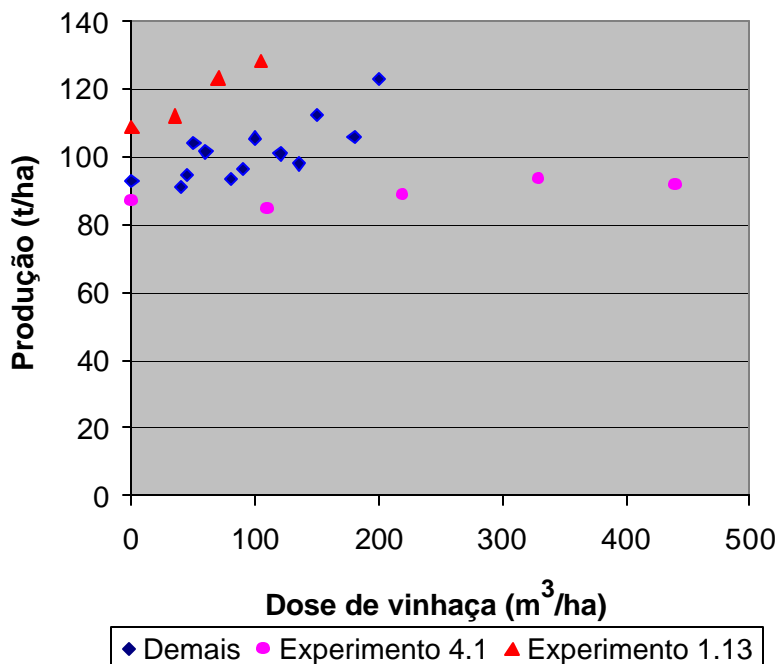


Figura 4 - Produção média calculada e dose de vinhaça aplicada - Solo argiloso.

Refazendo-se a análise, desta vez, sem os experimentos 4.1 e 1.13,

têm-se os resultados na Tabela 11.

Tabela 11 - Dose de vinhaça, produção, variância, inverso da variância, produto da produção pelo inverso da variância e produto do quadrado da diferença da média ponderada para cada dose e a produção de cada experimento pelo inverso da variância para o solo argiloso sem os experimentos 1.9, 1.12 e 4.1.

Número	Dose (m³/ha)	Produção (P _i)		W _i = 1/Var	W _i . P _i	W _i . (X̄ _d - P _i) ²
		(t/ha)	Variância			
1.10	0	89,29	77,26156	0,012943	1,155685	0,173561
1.11	0	102,91	78,70576	0,012706	1,307528	1,259928
2.1	0	89,00	336,84289	0,002969	0,264218	0,046365
3.1	0	87,01	51,05303	0,019587	1,704306	0,691561
6.2	0	96,00	62,21542	0,016073	1,543026	0,149334
Soma				0,064278	5,974763	2,32
Média		92,95				
1.10	40	91,18	77,26156	0,012943	1,180147	
Soma				0,012943	1,180147	
Média		91,18				

Número	Dose (m ³ /ha)	Produção (P _i) (t/ha)	Variância	W _i = 1/Var	W _i .P _i	W _i . ($\bar{X}_d - P_i$) ²
3.1	45	94,65	51,05303	0,019587	1,853955	
Soma				0,019587	1,853955	
Média		94,65				
2.1	50	99,00	336,84289	0,002969	0,293906	0,076148
6.2	50	105,00	62,21542	0,016073	1,687685	0,014065
Soma				0,019042	1,981590	0,09
Média		104,06				
1.11	60	101,58	78,70576	0,012706	1,290630	
Soma				0,012706	1,290630	
Média		101,58				
1.10	80	93,61	77,26156	0,012943	1,211599	
Soma				0,012943	1,211599	
Média		93,61				
3.1	90	96,52	51,05303	0,019587	1,890583	
Soma				0,019587	1,890583	
Média		96,52				
2.1	100	102,00	336,84289	0,002969	0,302812	0,033843
6.2	100	106,00	62,21542	0,016073	1,703758	0,006251
Soma				0,019042	2,006570	0,04
Média		105,38				
1.10	120	95,63	77,26156	0,012943	1,237744	0,362275
1.11	120	106,31	78,70576	0,012706	1,350727	0,369047
Soma				0,025649	2,588471	0,73
Média		100,92				
3.1	135	97,88	51,05303	0,019587	1,917222	
Soma				0,019587	1,917222	
Média		97,88				
2.1	150	115,00	336,84289	0,002969	0,341405	0,019037
6.2	150	112,00	62,21542	0,016073	1,800197	0,003516
Soma				0,019042	2,141602	0,02
Média		112,47				
1.11	180	105,80	78,70576	0,012706	1,344247	
Soma				0,012706	1,344247	
Média		105,80				
2.1	200	123,00	336,84289	0,002969	0,365155	
Soma				0,002969	0,365155	
Média		123,00				

Para os dados dos experimentos realizados em solos argilosos foi ajustado um modelo polinomial de grau 3:

- Equação polinomial (cúbica):

$$P = 92,147 + 0,180d - 0,00190d^2 + 0,00000851d^3 \quad (R^2 = 0,690)$$

onde P representa a produção média para cada dose e d a dose de vinhaça.

Na Figura 4 têm-se o modelo ajustado e os dados de produção média calculada.

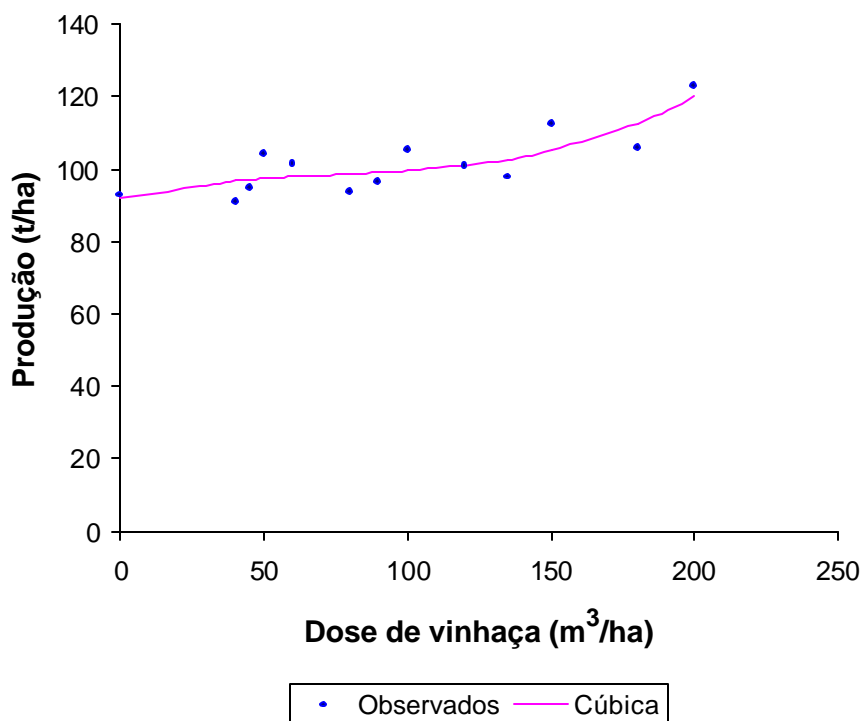


Figura 5 - Modelo ajustado e produção média observada – Solo argiloso.

Para estes experimentos, conduzidos em solo argiloso, verifica-se que as doses de vinhaça empregadas são bem mais baixas, alcançando a dose máxima de 180 m³/ha, enquanto que as utilizadas nos experimentos realizados em solo arenoso chegaram a 600 m³/ha. A resposta do solo argiloso à aplicação da vinhaça parece mais branda, e a tendência ainda crescente da curva pode indicar que o processo não se estabilizou.

5 CONCLUSÕES

O principal resultado deste estudo foi comprovar a relação entre as doses de vinhaça aplicadas e a produção de cana-de-açúcar. Neste sentido, verificou-se a necessidade de se separar os experimentos em dois conjuntos, no que tange ao tipo de textura do solo (solos arenoso e argiloso).

Foram utilizados dois modelos matemáticos: o de Mitscherlich e a equação polinomial de terceiro grau. Para o solo argiloso, os dados foram agrupados em dois conjuntos, sendo que para o Conjunto 1 os dois modelos se ajustaram adequadamente; para o Conjunto 2 apenas a equação polinomial de ordem 3 se ajustou satisfatoriamente.

Após a comparação dos dois modelos, verificou-se que as produções médias do Conjunto 2 foram muito inferiores às produções do Conjunto 1. Este fato pode ser decorrente das características químicas, físicas e biológicas inerentes aos solos predominantes em cada um dos conjuntos analisados.

Para o solo arenoso, o modelo que melhor se ajustou aos dados de produção foi a equação de terceiro grau.

A utilização da meta-análise mostrou-se eficiente, pois, através desta metodologia comprovou-se que tanto a textura do solo quanto a dose de vinhaça aplicada influenciam na produção da cana-de-açúcar.

Foram encontrados 49 trabalhos publicados sobre o assunto, sendo que 6 foram trabalhos selecionados por apresentarem as informações necessárias à análise, ou seja, estes 6 trabalhos (compreendendo um total de 21 experimentos) apresentaram os dados referentes à aplicação de vinhaça na produção da cana-de-açúcar.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, G.A.C., MARINHO, M.L. Efeito cumulativo de doses de vinhaça e adubação mineral sobre socas de cana-de-açúcar em Alagoas. *Cad. Planalsucar*, n.2, p.11-18, abr. 1984.

BARBIERI, V. *Condicionamento climático da produtividade potencial da cana-de-açúcar (Saccharum spp.): um modelo matemático-fisiológico de estimativa*. Piracicaba, 1993. 132p. Tese (Doutorado em Agronomia/Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Universidade de São Paulo.

CALBO, A.G., SILVA, W.L.C., TORRES, A.C. Comparação de modelos e estratégias para análise de crescimento. *Rev. Bras. Fisiol. Vegetal*, v.1, n.1, p.1-7, 1989.

- CALBO, A.G., SILVA, W.L.C., TORRES, A.C. Ajuste de funções não lineares de crescimento. *Rev. Bras. Fisiol. Vegetal*, v.1, n.1, p.9-18, 1989.
- CASTANHO, M.J.P. *Estimativa da função logística para dados de crescimento de bovinos*. Londrina, 1994. 117p. Dissertação (Mestrado em Estatística) – Universidade Estadual de Londrina.
- CARVALHO, L.R. *Métodos para comparação de curvas de crescimento*. Botucatu, 1996. 172p. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.
- DRAPER, N., SMITH, H. *Applied regression analysis*. New York: John Wiley, 1981.
- FERRI, M.G. *Fisiologia Vegetal 2*. São Paulo: EPU, 1986.
- FISHER, R.A. *Statistical methods and scientific inference*. Edmburg: Oliver & Boyd, 1956.
- GARRIDO, L.M.A.G. *Ajuste de modelo matemático para experimentos em silvicultura, com diferentes densidades*. Piracicaba, 1979. 80p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Universidade de São Paulo.
- GASCHO, G.J.; RUELKE, O.C.; WEST, S.H. Residual effect of germination temperature in sugarcane. *Crop. Science*, v.13, n.2, p.274-76, 1973.

GIANNOTTI, J.D.G. *Meta-análise de estimativas da correlação genética entre pesos ao nascer e desmama de bovinos*. Piracicaba, 2000. 76p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Estatística e Experimentação Agronômica) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Universidade de São Paulo.

GLÓRIA, N.A., FONTANARI, N., ALONSO, O., HENRIQUE, J.L.P., GERALDI FILHO, L., ALBUQUERQUE, F.C. Complementação nitrogenada de soqueiras de cana-de-açúcar fertilizadas com vinhaça. In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 3, 1984, São Paulo. *Anais...* São Paulo: STAB, 1984. p.74-77.

GUIMARÃES, P.G., CASTRO, L.H. *Análise de funções de crescimento*. Brasília: EMBRAPA, 1986.

HEDGES, L.V., OLKIN, I. *Statistical methods for meta-analysis*. San Diego: Academic Press, 1985.

HOFFMANN, R.; VIEIRA, S. *Análise de regressão: uma introdução à econometria*. Hucitec, 1983.

KORNDORFER, G.H. O potássio e a qualidade da cana-de-açúcar. *Informações agronômicas*, v.49, p.1-3, 1990.

LARSEN, G.A.; PENSE, R.B. Stochastic simulation of daily climatic data for agronomic models. *Agronomy Journal*, n.74, p.510-4, 1982.

LUDOVICO, J. *Regressão não linear: um estudo da 1ª aproximação de Mitscherlich*. Londrina, 1988. 63p. Dissertação (Mestrado em Estatística) – Universidade Estadual de Londrina.

MACHADO, E.C.; PEREIRA, A.R.; FAHAL, J.I.; ARRIDA, H.V.; CIONE, J. Índices biométricos de duas variedades de cana-de-açúcar. *Pesq. Agrop. Bras.*, v.17, n.9, p.1323-29, 1982.

MARINHO, M.L., ALBUQUERQUE, G.A.C., ARAÚJO FILHO, J.T. Efeitos de doses de vinhaça e adubação mineral sobre a cana-soca em dois solos de Alagoas. *Brasil Açucareiro*, n.2, p.39-50, 1982.

MEDINA, C.C. *Estudo da aplicação de gesso e calcário na produção de cana-de-açúcar (Saccharum spp.), açúcar e álcool*. Botucatu, 1991. 112p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

MEDINA, C.C. *Estudo da aplicação de gesso, calcário e vinhaça na produção e enraizamento da cana-de-açúcar (Saccharum spp.)*. Botucatu, 1993. 221p. Tese

(Doutorado) – Faculdade de Ciências Agrônômicas – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

MEDINA, C.C., BRINHOLI, O. Uso de resíduos agroindustriais nas produções de cana-de-açúcar, açúcar e álcool. *Pesq. agropec. bras.*, v.33, n.11, p.1821-1825, nov. 1998.

MOTA, M.R. *Efeitos da aplicação de vinhaça na produção e na qualidade tecnológica da cana-de-açúcar (Saccharum spp.)*. Londrina, 1998. 26p. Trabalho de conclusão de curso (TCC em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina.

OLIVEIRA, M.C.N. *Comparação de modelos matemáticos aplicados a ensaios de calagem com a cultura da soja (glycine max (l.) Merrill)*. Piracicaba, 1986. 165p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Estatística e Experimentação Agrônômica) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Universidade de São Paulo.

OLIVEIRA, P.A. *Ajustamento de alguns modelos exponenciais a dados de crescimento da cana-de-açúcar*. Piracicaba, 1992. 89p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Universidade de São Paulo.

ORLANDO FILHO, J., BITTENCOURT, V.C., ALVES, M.C. Aplicação de vinhaça em solo arenoso do Brasil e poluição do lençol freático com Nitrogênio. *STAB*, v.13, n.6, p.14-16, jul./ago. 1995.

PARANHOS, B.S. *Cana-de-açúcar: cultivo e utilização*. Vol. 2. Campinas: Fundação Cargill, 1987.

PEIXOTO, A.A., BERTO, P.N.A., THURLER, A.M., ROCHA, J.P.S.M., DELGADO, F.R. M.C.R. Efeitos de tratos culturais em cana-soca, em solo argiloso com vinhaça aplicada por caminhão. *STAB*, v.4, n.6, p.45-50, jul./ago. 1986.

PENATTI, C.P., CAMBRIA, S., BONI, P.S., ARRUDA, F.C.O., MANOEL, L.A. Efeitos da aplicação de vinhaça e nitrogênio na soqueira da cana-de-açúcar. *Boletim Técnico Copersucar*, v.44, p.32-38, out. 1988.

PETITTI, D.B. *Meta-analysis, decision analysis and cost-effectiveness analysis*. New York: Oxford University Press, 1994.

PORTES, T.A.; CASTRO JÚNIOR, L.G. Análise de crescimento de plantas: um programa computacional auxiliar. *Rev. Bras. Fisiologia Vegetal*, v.3, n.1, p.53-56, 1991.

ROBAINA, A.A., VIEIRA, J.R., AZEREDO, D.F., BOLSANELLO, J., MANHÃES, M.S. Doses e complementação mineral da vinhaça em socas de cana-de-açúcar. *Brasil Açucareiro*, v.102, n.1, p.26-33, dez./jan./fev. 1983/1984.

- ROBAINA, C.R.P. *Efeitos da vinhaça na produção de cana-soca (Saccharum spp.) e nas características físicas e químicas de um latossolo roxo*. Londrina, 1997. 41p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Solo) – Universidade Estadual de Londrina.
- ROBAINA, C.R.P., MEDINA, C.C., GUIMARÃES, M.F., SILVA, A.A.F., BOSO, W. Estudo da influência da aplicação de diferentes doses de vinhaça no crescimento inicial da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) em latossolo roxo. *Semina: Ci. Agr.*, v.20, n.1, p.67-70, mar. 1999.
- SEDIYAMA, G.C., CHANCELLOR, W.J., BURKHARDT, T.H., GOSS, J.R. Simulação de parâmetros climáticos para a época de crescimento das plantas. *Revista Ceres*, v.25, n.141, p.455-66, 1978.
- SERRA, G.E. *Aplicação de vinhaça complementada com nitrogênio e fósforo em cultura de cana-de-açúcar (Saccharum spp.)*. Piracicaba, 1979. 45p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Universidade de São Paulo.
- SILVA, G.M.A., CASTRO, L.J.P., SANCHES, A.C., GUIMARÃES, M.N.A. Efeitos da aplicação de vinhaça como fertilizantes em cana-de-açúcar. *Boletim Técnico Copersucar*, v.7, n.78, p.9-14, 1978.

- SILVA, L.C.F., RODELLA, A.A., PEREIRA, V., ORLANDO FILHO, J. Emprego da vinhaça concentrada na fertilização de soqueira de cana-de-açúcar. In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 3, 1984, São Paulo. *Anais...* São Paulo: STAB, 1984. p.31-36.
- SOBRAL, A.F., LIRA, L.J.A., GUIMARÃES, V.O.S. Efeito da suplementação mineral da vinhaça na fertilização da cana-soca. *Brasil Açucareiro*, v.106, n.4, p.11-15, jul./ago. 1988.
- STRAM, D.O. Meta-analysis of published data using a linear mixed-effects model. *Biometrics*, v.52, p.536-44, jun. 1996.
- STUPIELLO, P., PEXE, C.A., MONTEIRO, H., SILVA, L.H. Efeitos da aplicação da vinhaça como fertilizante na qualidade da cana-de-açúcar. *Brasil Açucareiro*, v.90, n.3, p.41-50, set. 1977.
- TRAVAGLINI JÚNIOR, N. *Influência de doses crescentes de vinhaça, com e sem complementação de potássio, na qualidade tecnológica, produtividade e maturação, em soqueira de cana-de-açúcar (Saccharum spp.)*. Piracicaba, 1999. 69p. Dissertação (Mestrado em Ciências/Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Universidade de São Paulo.

APÊNDICE 1

Trabalhos não utilizados nos tratamentos estatísticos:

AGUJARO, R. O uso da vinhaça na Usina Tamoio como fertilizante. *Saccharum STAB*, v.2, n.4, p.23-7, mar. 1979.

ALMEIDA, J.R., RANZANI, G., VALSECHI, O. A vinhaça na agricultura. *Boletim do Instituto Zimotécnico*, n.1, p.1-21, 1952.

ALMEIDA, F.P. O problema da vinhaça em São Paulo. *Boletim do Instituto Zimotécnico*, n.3, p.1-24, 1952.

ALMEIDA, F.P. Composição, proporção e aplicação da vinhaça. *Brasil Açucareiro*, v.59, n.6, p.10-12, maio/jun. 1962.

AZEREDO, D.F., MANHÃES, M.S. Efeitos da aplicação de vinhaça em cana-soca no estado do Rio de Janeiro. In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 1, 1979, Maceió. *Anais...* Maceió: STAB, 1980. p.357-60.

BATISTELLA, J.R., LEME, E.A., ROSENFELD, U. Estudo de doses de vinhaça aplicada por aspersão em cana-de-açúcar. In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 2, 1981, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: STAB, 1981. p.215-34.

COLETI, J.T. Fertilização com vinhaça da Usina Santa Adelaide. *Brasil Açucareiro*, v.92, n.5, p.38-50, nov. 1978.

COPERSUCAR, São Paulo. *Effect of vinasse application as fertilizer in sugarcane*. São Paulo, 1977.

COPERSUCAR. Efeitos da aplicação da vinhaça como fertilizante em cana-de-açúcar. *Boletim Técnico Copersucar*, v.7, p.9-14, 1978.

COPERSUCAR. *Aproveitamento da vinhaça: viabilidade técnico-econômica*. São Paulo, 1979.

COPERSUCAR. Aplicação da vinhaça na soqueira de cana-de-açúcar em três anos consecutivos. *Boletim Técnico Copersucar*, v.12, p.2-5, 1980.

COPERSUCAR. Complementação nitrogenada em áreas fertilizadas com vinhaça. *Reunião Técnica Agrônômica*, p.33-39, abr. 1984.

SILVA, G.M.A., CASTRO, L.J.P., SANCHES, A.C., GUIMARÃES, E., GURGEL, M.N.A. Efeitos da aplicação de vinhaça como fertilizante em cana-de-açúcar. *Boletim Técnico Copersucar*, v.7, n.78, p.9-14, nov. 1978.

DIVISÃO DE ESTUDOS E PESQUISAS – DIVISÃO AGRONÔMICA. Efeitos da aplicação de vinhaça como fertilizante em cana-de-açúcar. *Saccharum STAB*, v.3, n.11, p.40-44, 1980.

ESPIRONELLO, A., CAMARGO, A.P., NAGAI, V., LEPSCH, I.F. Efeitos de nitrogênio e fósforo como complementação da aplicação de vinhaça em soca de cana-de-açúcar. In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 2, 1981, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: STAB, 1981. p.128-39.

FIGUEIREDO, P.A.M., ANDRADE, L.A.B., ANJOS, I.A., GARCIA, J.C. Efeitos da vinhaça, complementação nitrogenada e enzimática no rendimento da soqueira e na decomposição dos restos culturais da colheita mecanizada de cana crua, variedade SP81-3250. CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 7, 1999, Londrina. *Anais...* Londrina: STAB, 1999.

GLÓRIA, N.A. *Emprego da vinhaça para a fertilização*. Piracicaba: CODISTIL, 1976.

GLÓRIA, N.A. Utilização agrícola da vinhaça. *Brasil Açucareiro*, v.86, n.5, p.11-17, nov. 1975.

GLÓRIA, N.A., ORLANDO FILHO, J. Aplicação da vinhaça como fertilizante. *Boletim Técnico PLANALSUCAR*, v.5, n.1, p.1-38, 1983.

LEME, E.J.A., NELLI, E.J., DALBEN, A.E., ALMEIDA, J.O.C., BENTIVENHA, A.S., ROSENFELD, U., BATISTELLA, J.R. Avaliação técnico-econômica da aplicação da vinhaça por aspersão na Usina Barra Grande – Lençóis Paulista. In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 2, 1981, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: STAB, 1981. p.195-214.

LIMA, P.O. Vinhaça: problema nas usinas de açúcar. *Brasil Açucareiro*, v.71, n.5, p.61-6, 1968.

LORENZETTI, J.M., FREITAS, P.G.R. Aplicação de vinhaça por aspersão. *Saccharum STAB*, v.1, n.2, p.16-22, 1978.

MAGRO, J.A., GLÓRIA, N.A. Adubação de soqueira de cana-de-açúcar com vinhaça; complementação com nitrogênio e fósforo. *Brasil Açucareiro*, v.90, n.6, p.363-6, dez. 1977.

MAGRO, J.A., SILVA, L.C.F., ZAMBELLO JÚNIOR, E., ORLANDO FILHO, J. Estudo da complementação mineral da vinhaça na fertilização da cana-de-açúcar com trator de eixo alto. *Saccharum STAB*, v.4, n.14, p.28-30, maio 1981.

MARINHO, M.L., ALBUQUERQUE, G.A.C., ARAÚJO FILHO, J.T. Efeitos de doses de vinhaça e adubação mineral sobre a cana-soca em dois solos de Alagoas. *Brasil Açucareiro*, v.99, n.2, p.39-50, fev. 1982.

- MONTEIRO, H., PEIXE, C.A., STUPIELLO, J.P. Emprego da vinhaça complementada com nitrogênio e fósforo em soqueira de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*). *Brasil Açucareiro*, v.97, n.4, p.22-7, abr. 1981.
- MOTA, M.R., ROBAINA, C.R.P., MEDINA, C.C., NEVES, C.S.V.J. Efeitos da aplicação da vinhaça na produção e na qualidade tecnológica da cana-de-açúcar. In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 7, 1999, Londrina. *Anais...* Londrina: STAB, 1999.
- NUNES JÚNIOR, D. Efeitos da elevada deposição de vinhaça sobre variedades de cana-de-açúcar. *Boletim Técnico Copersucar*, n.37, p.38-44, maio 1987.
- OLIVEIRA, W.M., SOUSA, H.D., PINTO, R.S. Experimento de distribuição de vinhoto por aspersão. *Brasil Açucareiro*, v.47, n.3, p.61-72, 1956.
- ORLANDO FILHO, J., SOUSA, I.C., ZAMBELLO JÚNIOR, E. Aplicação de vinhaça em soqueiras de cana-de-açúcar: economicidade do sistema caminhões-tanques. *Boletim Técnico PLANALSUCAR*, v.2, n.5, p.1-35, 1980.
- RANZANI, G. Conseqüências da aplicação do restilo ao solo. *Anais da ESALQ*, v.12, p.57-68, 1956.

RANZANI, G., BRASIL SOBRINHO, M.O.C., MALAVOLTA, E., COURY, T. Vinhaça e adubos minerais. *Anais da ESALQ*, v.10, p.97-108, 1953.

RODELLA, A.A., FERRARI, S.E. A composição da vinhaça e efeitos de sua aplicação como fertilizante de cana-de-açúcar. *Brasil Açucareiro*, v.90, n.1, p.6-13, jul. 1977.

ROSENFELD, U., BATISTELLA, J.R., LEME, E.J.A. Aplicação de vinhaça por aspersão em latossolo roxo. In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 2, 1981, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: STAB, 1981. p.235-48.

ROSSETTO, A.J., RESENDE, L.C.L., ALONSO, J.C., BUSSIOLI FILHO, S.; MARGUERON, L.N., ALTENFELDER SILVA, J., MILLER, L.C. Sistemas de distribuição de vinhaça na Usina São João, Araras, SP. *Saccharum STAB*, v.1, n.13, p.37-47, 1978.

SILVA, G.M. *Efeito da aplicação de vinhaça no estado nutricional, produtividade e qualidade tecnológica da cana-de-açúcar (Saccharum spp.) em dois tipos de solos.* Piracicaba, 1982. 121p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Universidade de São Paulo.

SILVA, G.M.A., CASTRO, L.J.P., MAGRO, J.A. Comportamento agroindustrial da cana-de-açúcar em solo irrigado com vinhaça. In: SEMINÁRIO DA COPERSUCAR DA

AGROINDÚSTRIA AÇUCAREIRA, 4, 1976, Águas de Lindóia. *Anais...* Águas de Lindóia: COPERSUCAR, 1976. p.107-122.

SILVA, L.C.F., ALONSO, O., ORLANDO FILHO, J., ZAMBELLO JÚNIOR, E.
Complementação nitrogenada da vinhaça: formas de aplicação em solo TE. *Brasil Açucareiro*, v.98, n.5, p.59-65, nov. 1981.

SILVA, L.C.F., ALONSO, O., ZAMBELLO JÚNIOR, E., ORLANDO FILHO, J. Efeito da complementação mineral da vinhaça na fertilização da cana-de-açúcar. *Saccharum STAB*, v.3, n.11, p.40-4, dez. 1980.

SOBRAL, A.F., CORDEIRO, D.A., SANTOS, M.A.C. Efeitos da aplicação de vinhaça em socarias de cana-de-açúcar. *Brasil Açucareiro*, v.98, n.5, p.52-8, nov. 1981.

VALSECHI, O. Alguns aspectos do problema da vinhaça. *Brasil Açucareiro*, v.46, n.5, p.57-62, nov. 1955.

VIEITES, R.L., BRINHOLI, O. Efeito da aplicação da vinhaça nas frações nitrato e nitrito do solo nas profundidades de 20 cm e 40 cm. *EN. AGRIC.*, v.7, n.4, p.10-17, 1992.