EFEITO DOS QUEBRA-VENTOS DE *Grevillea robusta* A. CUNN. SOBRE A VELOCIDADE DO VENTO

GISELDA DURIGAN

Orientador: Prof. Dr. JOÃO WALTER SIMÕES

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Engenharia Florestal.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Junho - 1986

Dedico

a meu pai, que me ensinou a terminar tudo
que houvesse começado.

AGRADECIMENTOS

Quero expressar o meu agradecimento a todas as pessoas que colaboraram na execução deste trabalho, especialmente:

- ao Prof. Dr. João Walter Simões, pela orientação;
- ao Prof. Dr. José Carlos Ometto, pelas sugestões que dirigiram a pesquisa;
- ao Dr. Alceu de Arruda Veiga, pelas sugestões apresentadas;
- ao Prof. Paulo Yoshio Kageyama, pelo estímulo a prosseguir por um novo caminho;
- à Sra. Dirce Alessi Pelegrino, pela compreensão de minhas falhas;
- aos Eng^{os}. Agrônomos Paulo Roberto de Guerra Carvalho e Otávio E. de Souza Dias, pelo apoio necessário aos trabalhos de campo;
- aos Srs. Celso Fernandes, Hermann de Moraes Barros e Hélio Cândido de Souza Dias, proprietários das fazendas onde foram executados os trabalhos de campo;
- à CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pela bolsa concedida nos anos de 1980 e 1981;
- Ao PqC VI Marco Antônio de Oliveira Garrido, pelo apoio durante a elaboração do trabalho;
- ao Wick, Luzia, Francisco e Sr. Nelson, pela ajuda nas medições e amostragens de campo;
- à Fazenda Canadá, que cedeu funcionários e laboratório para determinação da umidade das amostras de solo;
- ao Departamento de Física e Meteorologia, que forneceu os anemômetros para estudo do vento;
- à Ieda M. do A. Gurgel Garrido, pela ajuda nas análises estatísticas dos resultados;

- ao Luís, da biblioteca, sempre disposto a ajudar na busca de material bibliográfico;
- à Marialice, pela correção das referências bibliográficas, e
- à Magali, pela datilografia definitiva do trabalho.

ÍNDICE

Página

RESUMO.....	vii
SUMMARY.....	viii
1. INTRODUÇÃO.....	01
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	03
2.1. Definição de quebra-ventos.....	03
2.2. Histórico.....	04
2.3. Características e ação do vento.....	07
2.4. Efeitos dos quebra-ventos.....	08
2.4.1. Efeitos diretos dos quebra-ventos.....	09
2.4.2. Efeitos indiretos dos quebra-ventos sobre o micro-clima.....	15
2.4.3. Efeitos indiretos dos quebra-ventos sobre o solo..	18
2.4.4. Efeitos indiretos dos quebra-ventos sobre a cultura.....	20
2.5. Usos dos quebra-ventos.....	23
2.5.1. Proteção contra a erosão eólica.....	23
2.5.2. Redução da evapotranspiração.....	23
2.5.3. Proteção contra doenças e danos mecânicos.....	24
2.5.4. Retenção e distribuição da neve.....	24
2.5.5. Proteção das pastagens e do gado.....	24
2.5.6. Outros usos.....	25
2.6. Economicidade.....	25
2.7. Casos de aumento de produtividade.....	27
2.8. Estrutura dos quebra-ventos.....	29
2.8.1. Altura.....	29
2.8.2. Permeabilidade.....	30
2.8.3. Orientação.....	31
2.8.4. Forma do perfil e número de linhas.....	32
2.8.5. Extensão.....	33
2.8.6. Distância entre linhas.....	35

2.9. Tipos de quebra-ventos.....	35
2.10. Espécies.....	36
2.11. <u>Grevillea robusta</u> A. Cunn.....	38
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	40
3.1. Local.....	40
3.2. Pontos de medição.....	42
3.3. Caracterização dos quebra-ventos.....	42
3.4. Medições de velocidade do vento.....	43
3.5. Medições de umidade do solo.....	44
3.6. Medições de produção de café.....	44
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	46
4.1. Caracterização dos quebra-ventos.....	46
4.2. Velocidade do vento.....	48
4.3. Competição por luz.....	50
4.4. Umidade do solo.....	51
4.5. Produção de café.....	54
4.6. Implantação e manejo dos quebra-ventos.....	56
5. CONCLUSÕES.....	58
6. LITERATURA CITADA.....	60
7. APÊNDICE.....	70

EFEITO DOS QUEBRA-VENTOS DE Grevillea robusta A. CUNN.
SOBRE A VELOCIDADE DO VENTO

GISELDA DURIGAN

Orientador: Prof. Dr. João Walter Simões

RESUMO

Os quebra-ventos de Grevillea robusta A. Cunn. vêm sendo utilizados há algum tempo para proteger lavouras de café no Brasil, especialmente no norte do Paraná.

Para avaliar o comportamento desta espécie como quebra-vento estudaram-se cinco barreiras de diferentes características, no tocante aos efeitos sobre a velocidade do vento e alguns aspectos relativos à umidade do solo e à produção de café em presença de quebra-ventos. Concluiu-se que há um efeito benéfico, mais intenso na faixa compreendida entre 4 e 8H (múltiplos da altura da barreira), que compensa as perdas decorrentes da competição das árvores com a cultura na faixa mais próxima à barreira. Em relação à estrutura do quebra-vento, verificou-se que a melhor proteção é obtida quando a porosidade é homogênea, com o mínimo de espaços vazios entre as árvores. Uma única linha de árvores de Grevillea robusta, espaçadas em 5m entre si, sem desrama, forneceu a melhor proteção.

Para quebra-ventos em série, a distância máxima entre duas barreiras consecutivas não deve ultrapassar 200m.

EFFECTS OF *Grevillea robusta* A. CUNN.
WINDBREAKS ON WIND VELOCITY

GISELDA DURIGAN

Adviser: Prof. Dr. João Walter Simões

SUMMARY

Windbreaks of *Grevillea robusta* A. Cunn. are being used in Brazil to protect coffee tillage, specially in Parana state.

In order to avaliate the performance of this species like windbreaks, it was studied five different barriers, and its effects on wind velocity and some aspects of soil moisture and coffee production.

It was concluded that there is a very good effect between 4 and 8H (multiples of barrier height). This effect overcomes losses be cause of competition close to the trees, making windbreak use compensati ve.

The best protection was obtained with barriers of homogeneous permeability, without "gaps" among the trees. Only one row of *Grevillea robusta*, 5m spaced, without pruning, gives the best protection . When windbreaks are planted in series, the distance between consecutive barriers could not exceed 200m.

1- INTRODUÇÃO

"Um dos grandes problemas tanto na nossa agricultura como da nossa economia é o baixo crescimento da produtividade agrícola; a produção eleva-se... à custa de uma crescente apropriação de terras devolutas, da expansão da fronteira agrícola e da destruição, em larga escala, de recursos naturais renováveis e não renováveis - floresta, fauna e solos... Esse crescimento horizontal traz uma série de problemas, pois requer a agregação de novas terras à cultura, provocando a expansão das estruturas de apoio - estradas, comunicações, serviços de saúde, de educação, etc. - que redundam em investimentos públicos quase sempre sem retorno ou com retorno a longo prazo". (ANDRADE, 1979)

Esse aumento da produção baseado no alargamento das áreas cultivadas tem limites. Tem limites sob o aspecto econômico, quando o valor da terra se torna alto demais, e sob o aspecto geográfico, com o esgotamento das áreas de solos cuja fertilidade permite utilização agrícola ou pecuária.

Nas regiões sul e sudeste do país e em parte do centro-oeste, ambos os limites já foram atingidos. As terras cultiváveis estão to-

talmente ocupadas e o valor da terra é tão alto que impossibilita a expansão das propriedades, além de tornar anti-econômicas as culturas de baixa produtividade.

Diante deste quadro e do aumento constante da demanda de alimentos, só resta uma saída: aumentar a produtividade agrícola. Toda tentativa neste sentido é válida e toda técnica alternativa que possa trazer aumento da produção sem expansão da área deve ser incentivada e divulgada.

Surgem assim os quebra-ventos como uma opção. Utilizados desde o século passado em países que se defrontaram com a questão da queda de produtividade e da destruição dos recursos naturais há muito tempo, os quebra-ventos têm se mostrado como uma técnica excelente, melhorando as condições ambientais e trazendo aumento da produção por unidade de área, além de muitas vezes melhorar a qualidade do produto.

No Brasil, o uso de quebra-ventos é recente e tem se restringido quase que exclusivamente à lavoura cafeeira de São Paulo e, principalmente, do norte do Paraná.

Algumas espécies de árvores têm sido utilizadas, com predominância absoluta da Grevillea robusta A. Cunn., recomendada pelo IBC (Instituto Brasileiro do Café).

O objetivo desta pesquisa é analisar as características e o comportamento desta espécie como quebra-vento, com base no estudo das modificações que as barreiras de Grevillea provocam no fluxo do vento.

2- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Definição de quebra-ventos

No início do século, um quebra-vento era definido como um simples objeto que serve de obstáculo aos ventos de superfície (BATES, 1911).

A medida que a utilização foi se estendendo e os efeitos se tornaram mais claros, a definição foi se modificando e se confundindo com estes efeitos e com os benefícios esperados. Assim, GOITTA (1956) define quebra-ventos como "artifícios destinados a deter ou, pelo menos, diminuir a ação erosiva dos ventos fortes sobre as terras de textura leve, as culturas e, principalmente, os pomares". IBARRA (s.d.) define-os como "estruturas construídas com árvores e arbustos plantados de forma perpendicular aos ventos dominantes e que cumprem a função de fazer diminuir a velocidade do vento e evitar danos às plantas por efeito da erosão eólica e dessecação do solo".

De uma maneira sucinta e clara o IBC (1981) define os quebra-ventos arbóreos como barreiras constituídas de renques de árvores dispostos em direção perpendicular aos ventos dominantes.

Os quebra-ventos a que se refere este trabalho podem ser de finidos simplesmente como barreiras arbóreas destinadas a reduzir a velocidade do vento e os danos que ele pode causar às culturas agrícolas.

2.2. Histórico

Embora os trabalhos mais antigos localizados tenham sido es critos nos EUA (CARD, 1897, e BATES, 1911), as referências históricas ao início da utilização de barreiras arbóreas indicam que países da Europa e da Ásia foram os pioneiros nesta técnica, embora não haja um consenso sobre isto.

GUYOT (1963) afirma que os primeiros quebra-ventos foram implantados na Escócia no séc. XVIII, para proteger as zonas litorâneas de ventos violentos e, no séc. XIX, na Inglaterra, para proteger e melhorar culturas agrícolas e, a partir destes exemplos, a técnica espalhou-se por toda a Europa ainda no séc. XIX.

Por outro lado, KUMERLY (1974) afirma que "os russos foram os primeiros que, já em princípios do séc. XIX, plantaram faixas de bosque para a proteção contra o vento nas zonas de estepe e deserto da Ásia Central, conseguindo com eles êxitos assombrosos".

A despeito da ampla utilização, a pesquisa, embora abundante, carecia de profundidade. BATES, em 1911, publicou nos EUA um trabalho tão abrangente sobre quebra-ventos que, ainda hoje, é bibliografia básica sobre o assunto. Nessa época, segundo o autor, os quebra-ventos eram usados na França, para contenção de dunas, na Rússia, para proteger contra os ventos secos e nos EUA para valorizar esteticamente as propriedades, conter a erosão eólica e o amontoamento de neve, e para proteger pomares e pastagens.

No entanto, os quebra-ventos só foram implantados em escala nacional, com grande repercussão, na URSS, nos EUA e na Dinamarca, que são, hoje, os países mais avançados na pesquisa sobre o assunto.

Para GUYOT (1963) estes países têm uma característica

em comum: possuíam vastas extensões de terras desprovidas de árvores. A necessidade de quebra-ventos se fez sentir quando a agricultura avançou sobre essas terras ou quando a umidade era o fator limitante.

Na URSS, o fator que levou à implantação de quebra-ventos foi a sucessão de catástrofes agrícolas que ocorreram entre 1885 e 1950, nas regiões de solos de altíssima fertilidade (chernozens) das estepes meridionais. Além dos ventos persistentes, a seca atingiu 20 vezes uma mesma região neste período. Na busca de solução para o problema, acabaram por encontrar nos quebra-ventos a melhor opção.

Em 1931, a URSS criou um organismo (Vniialmi) especialmente para estudar os quebra-ventos (GUYOT, 1963), enquanto os EUA desenvolviam suas pesquisas sobre o assunto através do seu Departamento de Agricultura (VAN DEUSEN, 1978).

Até 1930, apesar das pesquisas existentes e da divulgação de sua utilidade, os quebra-ventos não eram uma técnica comumente adotada pelos agricultores nos EUA. Foi então que, entre 1935 e 1942, durante a grande depressão dos anos 30, houve uma explosão na implantação de barreiras arbóreas, que veio a ser um marco decisivo na história dos quebra-ventos e dos próprios EUA.

A depressão econômica coincidiu com os chamados "dust storms", que culminaram com o "Dust Bowl", em 1934. Neste ano, toneladas e toneladas de solo fértil foram levantadas pelo vento, formando uma imensa nuvem de poeira sobre as Grandes Planícies, que era visível até na costa leste dos EUA. Eram tão comuns nessa época as tempestades de pó que a década de 30 passou a ser chamada "the dirty thirties" (POTTER, 1976).

Movido pela opinião pública e pela crise econômica, e vendo que a produção agrícola decaía como consequência da erosão do solo, o presidente Franklin Roosevelt decidiu plantar quebra-ventos. Assim foi estabelecido um programa de plantio denominado "Prairie States Forestry Project", dirigido pelo Serviço Florestal dos EUA (GRIFFITH, 1976). Foram plantadas mais de 200 milhões de árvores e arbustos, em 30.000 pro-

priedades. Os quebra-ventos totalizavam 29.760Km de extensão, desde o limite com o Canadá, até o Texas.

Inicialmente denominado "Shelterbelt Project", o programa atingiu uma área de 160Km de largura por 1840Km de extensão, de norte a sul dos EUA (POTTER, 1976).

Hoje, meio século após esta implantação em massa, os quebra-ventos estão sendo eliminados em algumas propriedades. A eliminação tem sido justificada, segundo GRIFFITH (1976), pela ampliação da área cultivada e, principalmente, pelos projetos de irrigação com pivô central. Com certeza, os "dirty thirties" não foram vividos por estes agricultores que hoje estão derrubando as árvores que protegem suas lavouras dos danos causados pelo vento.

No Brasil, CAMARGO (1960) foi o primeiro a sugerir a utilização de quebra-ventos, recomendando que "os espigões planos, acima dos cafezais, devem ser deixados com mata alta ou cultivados com Eucalyptus, pinus ou outra essência cultivada de porte alto. Em caso de ser necessário cortar a mata do espigão, deve-se deixar sempre um renque protetor, bem fechado, na margem da mata, acima do cafezal".

No entanto, apenas a partir de 1975, com o estouro dos preços do café após a geada, os agricultores brasileiros passaram a aprimorar as técnicas de cultivo visando o aumento da produtividade. Nessa época o IBC já recomendava a proteção dos cafezais por quebra-ventos de Grevillea robusta (BAGGIO, 1983). A partir de então, a paisagem do norte do Paraná se modificou, cortada por linhas de árvores perpendiculares à direção do vento.

Por volta de 1980, com os preços do café em baixa, alguns agricultores arrancaram seus cafezais, substituindo-os pelo trigo e pela soja e, em algumas propriedades, até os quebra-ventos foram eliminados, por ocuparem espaço e dificultarem a mecanização.

Hoje, com o café novamente em alta, em decorrência da seca, os quebra-ventos voltam a ser plantados, discutidos e recomendados.

2.3. Características e ação do vento

O vento pode ser definido simplesmente como massa de ar em movimento.

Interferir no fluxo do vento através do uso de quebra-ventos é fazer com que essa massa de ar passe a ter características e movimentação diferentes daquelas que apresenta em campo aberto, e estas alterações podem ser benéficas ou não, conforme as características do vento e da cultura a ser protegida.

Segundo QMETTO e CARAMORI (1981), para compreensão da atuação do vento, é necessário conhecer as suas características, sendo as mais importantes:

- a) Quantidade de movimento (mv) - é a energia associada ao produto da massa de ar pela velocidade desta massa. A transferência desta energia para os obstáculos que se encontram diante do vento (plantas, animais, solo, etc.), resulta na ação mecânica do vento, que compreende benefícios como aumento da polinização, moderação no fluxo de CO_2 , estímulo à quebra de gradiente de umidade e temperatura no perfil da cultura, ou efeitos deletérios para a cultura, como a quebra de galhos, derrubada de flores, acamamento e até arrancamento de plantas. Além dessa ação direta, a massa de ar em movimento pode propiciar o ataque de pragas e doenças e provocar a erosão eólica, que é prejudicial à cultura pela redução da fertilidade do solo e também pelos danos que as partículas sólidas transportadas pelo vento podem provocar na superfície foliar.
- b) Energia interna-expressa pela temperatura da massa de ar. Temperaturas adequadas podem estimular a evapotranspiração cuticular e estomática em níveis desejáveis para determinada cultura, regulando a fotossíntese e a respiração. Mas o vento pode ser frio demais, e pre

judicar os processos fisiológicos da planta ou excessivamente quente, provocando rápida perda de água por evapotranspiração e outros distúrbios fisiológicos igualmente prejudiciais.

- c) Unidade absoluta - corresponde à quantidade de vapor d'água contido por metro cúbico de ar, que é maior quanto maior a temperatura da massa de ar. A unidade ligeiramente alta beneficia a planta, dando condições para as atividades metabólicas, mas pode ser prejudicial quando for muito baixa, provocando evapotranspiração excessiva e até seca temporária da planta, e também quando for muito elevada, favorecendo a ocorrência de doenças.

2.4. Efeitos dos quebra-ventos

Os quebra-ventos agem diretamente sobre o ambiente de três maneiras: sombreando parcial e temporariamente a cultura, absorvendo água e nutrientes do solo e diminuindo a velocidade do vento.

Em decorrência destas interferências, há uma modificação no microclima que, por sua vez, induz alterações nos processos fisiológicos e nas características da cultura protegida. Os efeitos dos quebra-ventos estão representados na figura 1.

Figura 1. Diagrama sumário dos efeitos dos quebra-ventos sobre fatores microclimáticos e outros (de Marshall, apud SIDDOWAY, 1970).

2.4.1. Efeitos diretos dos quebra-ventos

a) Redução na velocidade do vento

A distância, em termos de múltiplos da altura da barreira (H), sobre a qual um quebra-vento é efetivo na redução da velocidade do vento é um ponto controvertido na pesquisa. Para BATES (1911), essa distância é $10H$ (dez vezes a altura da barreira). Para TRENK (1914) e STAPLE e LEHANE (1955), $20H$. WEAVER e CLEMENTS (1950) observam que o limite do efeito é $20H$, mas que este efeito só é considerável de 5 a $10H$ e, às vezes, até $15H$.

Outros autores lembram que há um efeito notável a sota

vento ⁽¹⁾ e um efeito mais restrito a barlavento ⁽²⁾, sendo que a efetividade do quebra-vento será determinada pelo somatório de ambos. A FAO (1956) considera que há efeito até 3H a barlavento e 10H a sotavento ; BROWN e HALL (1968) afirmam que o efeito se estende até 2 a 5H (a barlavento) e 15 a 20H (a sotavento) e O'ROURKE (1976) refere-se respectivamente a 5H e 10 a 30H.

Para avaliar a intensidade da proteção que a barreira oferece, todos os autores adotam a metodologia proposta por BATES (1911), em que os dados de velocidade do vento na área protegida são colocados em porcentagem da velocidade do vento em campo aberto, tomada simultaneamente. Para CABORN (1962), esta velocidade pode ser tomada a 20H, e o tempo de medição para cada ponto pode ser de 10 ou 15 minutos. SEGUN e GIGNOUX (1974) recomendam 30 minutos.

GUYOT (1963) afirma que em uma série de quebra-ventos paralelos há uma redução de 65% na velocidade do vento até 7,5H e de 53% até 15H. Mc CALL et alii (1970) observaram que há uma redução de 70 a 75% até 3H, de 40 a 50% até 10H e de 20 a 30% até 20H, e sugerem que as barreiras sejam espaçadas de tal maneira que ofereçam redução de 50% na velocidade do vento. LEXTON (1983) considera como zona protegida toda a área em que a velocidade do vento é reduzida em pelo menos 20%.

No entanto, "a efetividade de um quebra-vento depende não tanto da porcentagem de redução na velocidade do vento que pode fornecer, mas de quão efetivo é na redução da velocidade abaixo do limite crítico requerido para impedir a erosão do solo ou prevenir a inibição do crescimento das plantas" (WOODRUFF et alii, 1959). Partindo deste princípio, Mc CALL et alii (1970) estabeleceram a seguinte relação:

(1) vento procedendo ao quebra-vento.

(2) vento antecedendo ao quebra-vento.

velocidade do vento	efeito
16 a 24 Km/h.....	erosão eólica - redução na polinização - redução na atividade dos insetos
24 a 32 Km/h.....	danos mecânicos às plantas.

Segundo OMETTO e CARAMORI (1981) a velocidade do vento mais conveniente e útil para o estímulo das atividades fisiológicas, na maioria das plantas, está entre 1,4 e 1,6m/s (5,0 a 5,8Km/h). Este dado coincide com o limite máximo da taxa fotossintética encontrado por DENEKE (1931), de 1,6m/s (5,8Km/h). Pesquisando o nabo (Brassica napus), WADS WORTH (1959) constatou que a velocidade do vento que traz crescimento ótimo para esta cultura é de 0,3m/s (1,08Km/h).

A suscetibilidade à erosão eólica varia de um para outro tipo de solo, sendo que para solos arenosos tem início quando o vento, a 1,35m do nível do solo, está a 22,4Km/h (STOECKELER, 1963). Para WOODRUFF et alii (1963), quando a velocidade do vento atinge 22,5Km/h, tem início a erosão eólica.

D) turbilhonamento

O turbilhonamento, que é um efeito negativo, pode ocorrer quando a barreira é muito compacta, ou seja, de baixa permeabilidade (IBARRA, s.d.; CAMARGO, 1965/66 e BROWN e HALL, 1968).

Quando o quebra-vento é pouco permeável, a maior parte do vento é desviada para o alto. Como o vento que passa através da barreira é pouco, é criada uma força de sucção que provoca o turbilhonamento, fazendo com que a zona de eficácia seja reduzida, embora o grau de proteção seja elevado (GUYOT, 1963).

A solução para evitar este efeito negativo é utilizar barreiras relativamente permeáveis, que agem reduzindo a velocidade do ven-

to e não bloqueando o seu fluxo.

c) Sombreamento (competição por luz)

O quebra-vento lança sobre a cultura a sua sombra, e pode se estabelecer uma competição por luz em uma faixa próxima à barreira.

Para BATES (1911), uma única rua de árvores pode usar 75% da luz que poderia incidir sobre uma faixa de 15m de largura junto às árvores e 25% nos próximos 15m. Como solução para reduzir as perdas decorrentes deste sombreamento, o autor sugere:

- plantar na área sombreada culturas cujo valor não dependa da produção de grãos;
- usar para quebra-vento espécies que forneçam pouca sombra;
- locar estradas nas áreas sombreadas.

A orientação do quebra-vento em relação ao sol irá determinar a extensão e a intensidade do sombreamento. BATES (1911) considerava a orientação norte-sul pior, já que o volume da área sombreada são maiores. Porém, em trabalhos mais recentes, vários autores concordam em afirmar que a melhor orientação é exatamente aquela (norte-sul) (GUYOT, 1963; BROWN e HALL, 1968), pois o sombreamento é temporário e toda a área recebe insolação diariamente por algum tempo. Com orientação leste-oeste há uma perda de área considerável devido ao sombreamento, que é permanente, e especialmente no inverno, quando a área sombreada é maior.

Segundo Mc CALL et alii (1970), o quebra-vento compete por luz com a cultura até 1,5H. TIGRE (1972) considera o sombreamento problemático até 45°, ou seja, 1H.

Alguns autores relatam casos de diminuição de produtividade decorrente do sombreamento. Assim, RADKE e BURFOWS (1970) observaram que a soja protegida por quebra-vento de milho não se desenvolve muito bem junto às ruas de milho. Na Índia, VORA et alii (1982) registraram

queda de produtividade de 58,1% para o trigo e 14,9% para a mostarda cultivados sob as árvores do quebra-vento. Diante disso os autores recomendam que não se cultive esta faixa de terra.

d) Absorção de água e nutrientes (competição radicular)

A absorção de água e nutrientes pelas árvores dos quebra-ventos, estabelecendo com a cultura uma competição radicular, é um problema real e vem sendo pesquisada há muito tempo. Este parece ser o ponto mais polêmico sobre a utilização dos quebra-ventos.

Ainda no século passado, CARD (1897) constatava que "há um efeito injurioso junto ao quebra-vento pela perda de umidade e fertilidade do solo causada pelas árvores".

BATES (1911) despreza a competição por nutrientes, afirmando que, em termos de fertilidade do solo, o que é retirado pelas árvores é devolvido pela queda de folhas. Em 1944, o mesmo autor afirma que as raízes dos quebra-ventos retiram umidade e nutrientes do solo adjacente, além de sombrear a cultura, prejudicando o seu desenvolvimento.

Os efeitos da absorção de água e nutrientes pelas árvores da barreira variam também com a espécie cultivada, sendo que a alfafa é uma das culturas menos afetadas, por ter sistema radicular abundante e profundo (BATES, 1944).

GREB e BLACK (1961), estudando os efeitos de um quebra-vento de Pinus strobus sobre culturas de trigo e sorgo, observaram que ambas as culturas apresentaram deficiência de nitrogênio e falta de umidade em uma faixa de 25m de largura junto da barreira. Consequentemente, houve queda na produção e, para o trigo, atraso de 10 dias no amadurecimento.

A faixa em que se estabelece a competição varia com a espécie plantada como quebra-vento, com a cultura e com o clima. Os autores divergem ligeiramente quanto à largura tolerável para esta faixa. Para BATES (1911), esta largura pode estar entre 0,5 e 3H. Para WALKER (1946) até 1H e para GURGEL FILHO (1969) até 0,5H. Mc CALL et alii

(1970) afirmam que há competição até 1,5H, por luz, umidade e nutrientes.

A largura desta faixa corresponde ao limite do alcance das raízes do quebra-vento. WILLIS et alii (1976) afirmam que a maior parte das raízes, tanto dos arbustos como das árvores, concentra-se nos 1,20 m superficiais do solo. Em termos de expansão lateral, têm sido encontrados casos em que as raízes atingem até o dobro do limite da copa (LEYTON, 1983).

De modo geral, a solução proposta para o problema se resume a:

- escolher, para quebra-vento, espécies que não estendam muito suas raízes (que tenham raízes pivotantes) (BATES, 1911);
- plantar junto à barreira culturas que não sejam muito suscetíveis à falta de água (BATES, 1911);
- não plantar na faixa junto aos quebra-ventos (WEAVER e CLEMENTS, 1950);
- localizar estradas junto aos quebra-ventos (O'ROURKE, 1976);
- impedir a expansão lateral do sistema radicular das árvores da barreira.

Dentro desta última recomendação, vários autores propõem alternativas. BATES (1911) propõe cultivo do solo adjacente, aração profunda anual e até o uso de dinamite antes da implantação dos quebra-ventos para estimular o aprofundamento das raízes. Segundo ANDERSON (1935), não se deve usar "mulching" ou cobertura morta junto aos quebra-ventos novos, pois isto irá estimular o crescimento de raízes superficiais e evitar o aprofundamento das raízes, aumentando a competição. Pode-se usar, segundo o autor, apenas areia, barro ou pedra para evitar a perda de umidade. STOECKELER (1963) recomenda a poda de raízes até 60-80 cm de profundidade, 3 a 6 m de distância das árvores. GURGEL FILHO (1969) propõe a subsolagem de uma faixa de 2,5 m junto ao quebra-vento. TIGRE (1972) sugere a abertura de valetas a 2 m de distância das plantas culti

vadas.

2.4.2. Efeitos indiretos dos quebra-ventos sobre o microclima

O quebra-vento induz uma série de modificações no microclima, todas elas decorrentes da redução na velocidade do vento e, às vezes, do sombreamento.

a) Balanço de radiação

ROSENBERG (1976), estudando os efeitos do quebra-vento sobre o microclima, concluiu que não há alteração significativa no balanço de radiação, exceto junto à barreira.

b) Temperatura do ar

Em 1911, BATES já assinalava que há um aumento da amplitude térmica diária, decorrente da estagnação do ar. Segundo o autor, a amplitude é maior no ponto de maior eficácia do quebra-vento, não sendo notada em dias nublados, e o pico da curva de temperatura coincide com o pico da curva de produtividade.

De uma forma ou de outra, estas constatações viriam a ser confirmadas e acrescidas de novas observações por outros autores posteriormente. WEAVER e CLEMENTS (1950) quantificam este efeito e afirmam que a amplitude térmica diária é 9% maior na área protegida.

GUYOT (1963) observa que estes efeitos nem sempre são benéficos, podendo haver agravamento das geadas com a intensificação do frio à noite e, por outro lado, há uma intensificação do calor durante o dia. Para este autor, as modificações térmicas dependem do clima e, de modo geral, há uma elevação da temperatura do ar nos climas úmidos e um abaixamento em climas secos.

ROSENBERG (1966 e 1976) registra o aumento da temperatura diurna e a redução da temperatura noturna na área protegida. Mc CALL et alii (1970) verificam um aumento de até 9 a 10°F (5 a 5,6°C) e BROWN

e ROSENBERG (1972) detectam um aumento de $1,8^{\circ}\text{C}$ na temperatura diurna da área protegida.

Na Índia, em 1982, VORA et alii observaram uma diminuição de $3,4^{\circ}\text{F}$ ($1,9^{\circ}\text{C}$) na temperatura do ar.

c) Umidade do ar

O quebra-vento altera a distribuição da umidade do ar. Há um aumento na capacidade de retenção de umidade, decorrente do aumento da temperatura do ar (BATES, 1911).

A pressão de vapor é sempre maior na área protegida (ROSENBERG, 1966; MILLER et alii, 1973). Esse aumento, segundo BROWN e ROSENBERG (1972) é da ordem de 4,0mbar.

Devido à redução da velocidade do vento, o transporte de vapor é reduzido, a umidade absoluta é mais alta durante todo o tempo e a umidade relativa é superior, mesmo durante o dia, a despeito da elevação da temperatura do ar na área protegida (ROSENBERG, 1976).

VORA et alii (1982) constataram um aumento de 5,8% na umidade relativa do ar sob a proteção por quebra-ventos na Índia.

d) Evapotranspiração

Todos os autores consultados que estudaram a evaporação e a evapotranspiração, real e potencial, em áreas protegidas por quebra-ventos, são unânimes em afirmar que há uma redução nestas taxas em relação ao campo aberto (BATES, 1911; FINNEL, 1928; WEAVER e CLEMENTS, 1950; WOODRUFF et alii, 1959; BOUCHET et alii, 1963; GUYOT, 1963; BROWN e HALL, 1968; Mc CALL et alii, 1970; MILLER et alii, 1973; BOTTOMLEY e PARKER, 1974; ORMAN, 1976; ROSENBERG, 1976 e HANSON e RAUZI, 1977). As maneiras a que chegaram a esta conclusão e a intensidade da redução em contrada é que variam de um autor para outro.

WEAVER e CLEMENTS(1950) afirmam que, quando o efeito da proteção é máximo, a evaporação pode ser reduzida em até 70% a uma distância de 1 a 2H, mas com um vento de 24Km/h a redução é de apenas 15 a 20%.

WOODRUFF et alii (1959), em um estudo semelhante, constataram que há redução na evapotranspiração entre 2,2 e 12H, com redução máxima de 21 a 31% no ponto 2,2H à noite, no começo da manhã e no fim da tarde, sendo que ao meio-dia a redução máxima foi de 20% em 8,6H.

Mc CALL et alii (1970) observaram redução em até 40% na evaporação em áreas protegidas por quebra-ventos no Havaí. MILLER et alii (1973) obtiveram redução de 20% na evapotranspiração real, usando quebra-ventos artificiais.

BOTTOMLEY e PARKER (1974) estabeleceram uma relação importante, que permite estimar a redução na evapotranspiração a partir da redução na velocidade do vento. Segundo estes autores, com uma redução da velocidade do vento a 25% a evapotranspiração é reduzida à metade.

HANSON e RAUZI (1977) estudaram a evaporação em tanque classe A e verificaram que a taxa foi 14% inferior na área protegida.

e). Precipitação

FERBER (1958) afirma que a irrigação por aspersão pode se tornar mais fácil e a superfície mais efetiva na presença de quebra-ventos. O mesmo raciocínio é aplicado por GUYOT (1963), que afirma que quando a velocidade do vento é baixa, a chuva cai verticalmente, fazendo com que a quantidade de chuva por unidade de área seja maior. No entanto, esta é uma vantagem discutível, já que fatalmente a área atingida pela chuva será menor.

Uma ampla revisão sobre precipitação e quebra-ventos foi elaborada por GUYOT (1963). O autor relata que, na URSS, que tem um clima tipicamente continental, os quebra-ventos ativam o ciclo interior da água, ocasionando um aumento de 1 a 2% na precipitação, podendo ultrapassar 5% na Europa Central. A homogeneização da distribuição da neve contribui também para a entrada de água no sistema e, com a diminuição do escoamento superficial, há uma elevação e melhora na alimentação do lençol freático. O autor ressalta ainda que um outro aspecto importante em relação à entrada de água no sistema é a deposição de orvalho. Em sua revisão, observa que há um aumento na deposição de orvalho, pois a umida

de relativa é maior e a temperatura noturna é menor na área protegida. Steubing, apud GUYOT (1963), menciona um aumento de 200% na deposição de orvalho. Para ROSENBERG (1976), além do aumento na deposição há um aumento na duração do orvalho na área protegida.

As árvores dos quebra-ventos interferem ainda reduzindo o escoamento superficial (RADVANYI, 1978) e alterando o padrão de interceptação da precipitação (LEYTON, 1983).

2.4.3. Efeitos indiretos dos quebra-ventos sobre o solo

a) Temperatura do solo

A temperatura do solo nu nas áreas protegidas por quebra-ventos é maior do que nas áreas desprotegidas, o que é mais importante na primavera, segundo GUYOT (1963).

Para ROSENBERG (1966) a curva de temperatura do solo acompanha a curva de temperatura do ar, sendo mais elevada durante o dia e inferior durante a noite nas áreas protegidas, em relação ao campo aberto.

BOTTOMLEY e PARKER (1974) correlacionam o aumento da temperatura do solo com um crescimento mais rápido das plantas e RADVANYI (1978) afirma que, na URSS, os quebra-ventos são utilizados para reduzir o congelamento em profundidade.

b) Umidade do solo

De maneira geral, os autores concordam que há um aumento da umidade do solo nas áreas protegidas por quebra-ventos (BATES, 1911; GUYOT, 1963; PELTON, 1976; RADVANYI, 1978).

BATES (1911) ressalta que há um aumento na área como um todo, mas que pode haver perda de umidade até uma distância de 5H a partir da barreira.

GUYOT (1963) deduz que, se há um aumento na entrada de água no sistema e uma redução na evapotranspiração real, automaticamente há um aumento na umidade do solo. Em revisão sobre o assunto, o autor refere-se a aumentos da ordem de 3% a 1,40m de profundidade e de 3 a 11% a 40cm.

O efeito sobre a umidade do solo é variável conforme as condições climáticas. UAH e ADEOYE (1984) observaram que durante a época das chuvas não houve influência, mas logo após as chuvas a depleção da umidade da superfície do solo foi mais rápida na área desprotegida em uma cultura de painço.

c) Propriedades do solo

Segundo FERBER (1958), o solo que é transportado pelo vento chega a ter 10 a 20 vezes mais humus e fosfato do que o solo que fica, por ser este mais pesado. Assim, na medida em que reduzem o transporte deste solo, os quebra-ventos estão evitando a perda de fertilidade.

Zaev, apud GUYOT (1963), constata que a 5m da barreira os níveis de P_2O_5 , NO_3 e humus são inferiores ao campo aberto, mas que a 70m são duas a três vezes superiores e o pH é mais elevado.

Em relação ao aproveitamento da adubação, Suchoivanov, apud GUYOT(1963), afirma que a eficácia do esterco aumenta em 25% na área protegida, em pastagens.

GUYOT (1963) afirma que os quebra-ventos podem reduzir a salinidade dos solos em regiões costeiras. Para este autor, há uma melhora geral nas propriedades físicas e químicas do solo.

d) Erosão eólica

Com ventos de cerca de 22Km/h tem início o processo de erosão eólica (STOECKELER, 1963; WOODRUFF et alii, 1963). Na medida em que são capazes de manter a velocidade do vento abaixo deste limite, os quebra-ventos estão impedindo o transporte de solo pelo vento.

O efeito dos quebra-ventos no controle da erosão eólica é

de tamanha importância que, em 1976, nos EUA, foi realizado um simpósio, denominado "Shelterbelts on the Great Plains", onde foi discutida a utilização de barreiras arbóreas principalmente com esta finalidade; conter o transporte do solo pelo vento.

GOLDSMITH (1976), neste simpósio, relata os fatores que contribuem para a erosão eólica:

- ausência de umidade;
- crescimento inadequado das plantas e pequeno acúmulo de resíduos;
- má estrutura do solo;
- terra nua na época do preparo do solo e operações de plantio inadequadas; e
- pastoreio excessivo.

De alguma forma os quebra-ventos podem amenizar todos estes fatores e, conseqüentemente, conter a erosão eólica.

LYLES (1976), buscando quantificar o efeito dos quebra-ventos sobre a erosão eólica verificou que a variação no potencial de erosão eólica ("wind power") é proporcional ao cubo da variação na velocidade do vento. Esta relação foi encontrada também por HAGEN (1976), que afirma ainda que a porosidade ideal de uma barreira para controle da erosão é de 40%.

2.4.4. Efeitos indiretos dos quebra-ventos sobre a cultura

a) Teor de CO_2 e fotossíntese

GUYOT (1963) afirma que há estagnação do ar com o uso de quebra-ventos, provocando um acúmulo de CO_2 . Este acúmulo, associado ao aumento da umidade e da temperatura, faz com que os estômatos permaneçam abertos por mais tempo, intensificando a fotossíntese e, conseqüentemente, aumentando também o consumo de CO_2 pela cultura.

Segundo BROWN e ROSENBERG (1972), a variação na concentração de CO_2 é de 1ppm (a menos) durante o dia e 3,5ppm (a mais) durante a noite na área protegida.

O aumento da taxa de fotossíntese nas culturas protegidas por quebra-ventos é confirmado por MILLER et alii (1973), BOTTOMLEY e PARKER (1974) e ROSENBERG (1976).

b) Produção de matéria seca e massa foliar

Pesquisando em condições de laboratório, com plantas envasadas e velocidade do vento controlada e constante de 24Km/h, FINNEL (1928) constatou uma redução de 48,8% na produção de matéria seca em Calendula.

RADKE (1976), estudando a soja, verificou que, sob a proteção de quebra-ventos a cultura apresentou maior crescimento, maior produção de matéria seca (30%) e maior índice de área foliar (de 3,8 para 4,4).

Para o trigo de inverno, SKIDMORE (1976) observou que houve aumento no crescimento e na produção de matéria seca.

CANNEL (1983) confirma as observações anteriores, verificando maior crescimento em altura, aumento na produção de matéria seca e na frutificação da cultura protegida, principalmente devido, segundo o autor, à melhoria das condições hídricas.

c) Polinização

Diante da redução na velocidade do vento, há uma intensificação na atividade dos insetos polinizadores e, conseqüentemente, a polinização é facilitada. Este fato foi observado em pomares de maçãs por CARD (1897) e em girassol por GOMES (1972).

d) Proteção contra danos provocados pelo vento

Com a redução na velocidade do vento, os danos mecânicos

e fisiológicos dele decorrentes são reduzidos.

FINNEL (1928) observou que um vento constante de 24Km/h causou os seguintes danos em plantas envasadas:

- destruição parcial da folhagem;
- deformação do fuste;
- redução na taxa de crescimento; e
- atraso na maturação.

O quebra-vento pode reduzir sensivelmente as quebras de produção causadas pelo acamamento da cultura quando há ventos fortes. Este efeito é citado por BATES (1944) e FERBER (1958).

Segundo o IBC (1981), os quebra-ventos reduzem os danos mecânicos causados pelo vento à cultura do café, como:

- ferimentos e dilaceração da folhagem;
- quebra de flores e frutos;
- crestamento pelo vento frio;
- abalo das mudas; e
- canela de vento.

e) Pragas e doenças

Sob este aspecto os quebra-ventos podem beneficiar ou, às vezes, prejudicar a cultura.

Para GUYOT (1963), as árvores da barreira podem servir de abrigo para espécies animais e vegetais estranhas à cultura, que podem ser inimigos naturais das pragas, ou inimigos da própria cultura.

Mc CALL et alii (1970) observam que, embora possam ser benéficos por abrigar a fauna silvestre útil ao controle biológico de pragas, os quebra-ventos podem provocar aumento na incidência de certos tipos de doenças, pela elevação da temperatura e da umidade.

Sobre o café, especificamente, VIANA et alii (1978) afirmam que os quebra-ventos exercem uma ação benéfica, pois os ferimentos provocados pelo vento nos cafeeiros jovens dão acesso a agentes patogêni

cos (fungos e bactérias), provocando a "seca de ponteiros". O IBC (1981), para a mesma cultura, menciona a redução na incidência de doenças decorrentes do vento, como a "mancha aureolada".

2.5. Usos dos quebra-ventos

A finalidade com que os quebra-ventos são implantados e mantidos em uma certa região é muito variável e está relacionada principalmente com o clima e, às vezes, com as atividades econômicas desta região.

A proteção de culturas alimentícias visando o aumento de produtividade é a utilização mais comum dos quebra-ventos. O efeito através do qual se espera este aumento de produtividade é que é muito variável.

2.5.1. Proteção contra a erosão eólica

É a utilização mais comum dos quebra-ventos nos EUA (TRENK, 1914; BATES, 1944; FERBER, 1958; STOECKELER, 1963; EATON, 1971; AASE et alii, 1976; GOLDSMITH, 1976; e GRIFFITH, 1976). A erosão eólica é um problema sério nos EUA, especialmente nas grandes planícies. BATES (1944) relata que em Oklahoma o vento chega a arrancar duas ou três vezes as plântulas de algodão nos solos arenosos.

Também são utilizadas barreiras arbóreas com esta finalidade de no Canadá (WALKER, 1946), na Itália (GURGEL FILHO, 1969), em Angola (GOMES, 1972), na Austrália (ORMAN, 1976), na URSS (RADVANYI, 1978), na Bulgária (DZHODZHOV e GEORGIEV, 1980).

2.5.2. Redução da evapotranspiração

É o uso mais comum dos quebra-ventos nas regiões de clima seco, como as estepes soviéticas, onde as culturas sofrem pelo frio e pela falta de umidade (RADVANYI, 1978).

Com esta finalidade os quebra-ventos são empregados ainda

nos EUA (BATES, 1944 e STOECKELER, 1963), no Canadá (WALKER, 1946), em Angola (GOMES, 1972), na Austrália para proteger dos ventos quentes e secos no verão (ORMAN, 1976), na Bulgária (DIMITROV e KUKULAROV, 1977), e nas savanas da Nigéria (UJAH e ADEOYE, 1984).

2.5.3. Proteção contra doenças e danos mecânicos

A proteção contra danos mecânicos, como o acamamento, geralmente está associada a outras finalidades. É mencionada por BATES (1911 e 1944), WALKER (1946) e FERBER (1958).

VIANA et alii (1978) referem-se à utilização de quebra-ventos para proteger o café dos danos provocados pelo vento e das doenças deles decorrentes. Esta parece ser a principal finalidade da instalação de quebra-ventos nas lavouras de café no Brasil.

2.5.4. Retenção e distribuição da neve

Nos países onde a neve é comum e abundante no inverno, os quebra-ventos podem melhorar a sua distribuição, beneficiando as culturas e evitando os danos que podem ocorrer quando do derretimento desta neve. Com esta finalidade as barreiras arbóreas são utilizadas no Canadá (BATES, 1944), nos EUA (BATES, 1944 ; FERBER, 1958; EATON, 1971, AASE et alii, 1976) e na URSS (RADVANYI, 1978).

2.5.5. Proteção das pastagens e do gado

WALKER (1946) coloca entre os usos mais comuns de quebra-ventos no Canadá a proteção ao gado.

Segundo FERBER (1958), as vacas leiteiras produzem mais e consomem menos alimento quando protegidas do vento.

Na Austrália, a proteção ao gado é mencionada por BROWN e HALL (1968) e em Angola por GOMES (1972). Nos EUA, DAVIS (1976) afirma que o gado protegido tem ganhado mais peso em condições climáticas normais e perdido menos quando o clima é severo.

2.5.6. Outros Usos

Associados aos anteriores, são mencionados com menor frequência outros usos para as barreiras arbóreas, como:

- a) contenção de dunas e ventos salinos - principalmente na Europa, e também nos EUA e na URSS, muitas vezes este é o objetivo principal dos quebra-ventos. Este uso é mencionado por BATES (1911 e 1944), GURGEL FILHO (1969) e RADVANYI (1978).
- b) Proteção de edifícios, especialmente na zona rural - para esta finalidade BATES (1944) recomenda que os quebra-ventos sejam colocados a uma distância de 2 a 3H, que é a que fornece a melhor proteção. FERBER (1958) afirma que chega a haver uma redução no consumo de lenha da ordem de 15% ou mais no inverno, além da redução na deposição de poeira.
- c) Paisagismo - raramente os quebra-ventos são plantados exclusivamente com fins paisagísticos. No entanto, vários autores se referem a este benefício fornecido pelas barreiras arbóreas (BATES, 1911; Mc CALL et alii, 1970; ORMAN, 1976; GOLDSMITH, 1976 e VAN DEUSEN, 1978).
- d) Abrigo para a fauna - com finalidade de incentivar o controle biológico de pragas. Esta é uma utilização secundária, sempre associada a alguma outra.
- e) Produção de lenha e mourões.
- f) Apicultura.

2.6. Economicidade

A grande indagação a respeito da utilização de quebra-ventos continua sendo a seguinte: "os quebra-ventos são economicamente vantajosos?"

A resposta para esta questão tem que ser simples e se resume a estabelecer se os ganhos de produtividade superam as perdas decorrentes da competição e da perda de área.

Para BATES (1911), embora possam ser usados para melhoria

da qualidade ambiental, os quebra-ventos só devem ser recomendados quando o valor da madeira e da proteção forem iguais ou superiores ao valor da cultura que poderia estar sendo feita em seu lugar. Os ganhos e perdas estão representados esquematicamente na figura 2.

Figura 2 - Ganhos e perdas decorrentes do quebra-vento, em relação à produção média em campo aberto (de BATES, 1944).

Na verdade, a melhoria da qualidade ambiental raramente é lembrada pelo agricultor. O que conta, realmente, é o balanço econômico, o que ele ganha ou deixa de ganhar em capital no final da safra.

CAMARGO (1965/66) considera que, para que compense utilizar quebra-ventos, o aumento de produção decorrente da proteção deve ser maior que a perda decorrente da perda de área.

De modo geral os autores concordam que, na maioria dos casos, os benefícios fornecidos pelas barreiras podem superar a perda de espaço e o custo do investimento (FERBER, 1958 e BOTTOMLEY e PARKER 1974).

FERREIRA et alii (1976) consideram que com uma ocupação de até 10% da área pelos quebra-ventos, pode haver um aumento de 10 a 15% na produção, além de reduzir os custos da cultura.

2.7. Casos de aumento de produtividade

O quebra-vento exerce efeitos negativos sobre a cultura na aquela faixa onde se estabelece a competição com a espécie cultivada. Aí ocorre uma queda de produtividade que tem sido mencionada para justificar a eliminação dos quebra-ventos em algumas propriedades (FERBER, 1958; GOLDSMITH, 1976; DAVIS, 1976 e VAN DEUSEN, 1978).

A eliminação tem sido explicada ainda por outros motivos, baseados sempre no prejuízo à produtividade da área plantada, como por exemplo:

--- ocupação de espaço (FERBER, 1958; DAVIS, 1976 e GOLDSMITH, 1976;

— atraso do plantio pelo acúmulo de neve (FERBER, 1958);

— empecilho à irrigação com pivô central (DAVIS, 1976; GOLDSMITH, 1976 e VAN DEUSEN, 1978).

No entanto, tudo indica que os efeitos benéficos superam as perdas, tornando compensador o uso de quebra-ventos. São inúmeros os casos de aumento de produtividade encontrados na literatura e alguns estão relacionados a seguir:

Alfafa - Segundo BATES (1944) a alfafa parece ser a cultura que melhor responde aos quebra-ventos, chegando a apresentar até 60 a 70% de aumento na produção, quando protegida do vento.

Café - Embora não tenha sido localizado nenhum trabalho de pesquisa sobre a produtividade do café com o uso do quebra-ventos, CAMARGO (1965/66) estima que as perdas decorrentes do vento nas faces mais expostas chegam a atingir 30%.

Feijão - ROSENBERG (1966) menciona aumento de 5,9% na produção de feijão irrigado, quando protegido por quebra-ventos.

Girassol - TKATCHENKO (1950) obteve uma produção de girassol 18% maior em áreas protegidas do vento na Rússia meridional.

Laranja - É comum o uso de barreiras arbóreas para proteção de pomares, mas há poucos dados referentes a aumento de produtividade de frutíferas. Para a laranja, na Califórnia, WEAVER e CLEMENTS (1950) afirmam que há um aumento de 24% na produção com a proteção contra o vento.

Milho - Muitas vezes o milho é utilizado como quebra-vento para culturas de menor porte, mas, às vezes, o milho é a cultura protegida. BATES (1911) relata que, com um vento de 80Km/h, houve uma perda de 2/3 do milho por acamamento em áreas desprotegidas, enquanto que nas áreas protegidas não houve nenhuma perda até 6H, 10% de perda de 6 a 8H e 25% de 8 a 12H. O mesmo autor, em 1944, observou um aumento de produção para o milho de 1800 litros/ha em anos de seca e calor. Caluianu et alii apud GUYOT (1963) obtiveram 14 a 34% a mais na produção de milho na Romênia e, na Bulgária, DIMITROV e KUKULAROV (1977) registraram 8 a 9% de aumento em uma faixa de 250m com quebra-ventos jovens (de pequena altura) e 9 a 34% com quebra-ventos antigos (altos).

Pastagem - Segundo GUYOT (1963), é freqüente as pastagens protegidas do vento produzirem 100% a mais que as não protegidas, nas estepes secas do sul da Rússia.

Soja - Analisando a produtividade da soja protegida por quebra-ventos de milho, RADKE e BURROWS (1970) verificaram um aumento de 12,7% e RADKE (1976) obteve 10% de aumento. Com barreiras artificiais, FRANK et alii (1974) obtiveram 8,5% a mais na produção de soja não irrigada e 17,6% para a soja irrigada.

Trigo - Trata-se, sem dúvida, da cultura que mais tem sido beneficiada pelos quebra-ventos através do mundo. WEAVER e CLEMENTS (1950) afirmam que, na Rússia, em anos de seca, o trigo da estepe produziu de 135 a 540Kg a mais por hectare. TKATCHENKO (1950) verificou aumentos de 41% para o trigo de inverno e 21% para o trigo de primavera, na Rússia meridional. No Canadá, STAPLE e LEHANE (1955) encontraram uma pro

dução 3,3% superior, considerando toda a área utilizada. GUYOT (1963) menciona 11,1% a mais na produção de grãos e 12,6% a mais de palha de trigo, na Dinamarca, 23% a mais de grãos na Romênia e, em outro caso na Romênia, 20 a 50%. Na Bulgária, DIMITROV e KUKULAROV (1977) obtiveram, para uma faixa de 250m de largura a partir do quebra-vento, aumentos de 6 a 7% quando as árvores da barreira eram jovens (baixas) e 18 a 21% com árvores mais antigas (altas). VORA et alii (1982) verificaram, na Índia, uma produção 22,7% superior para o trigo protegido do vento.

Outras culturas - Constataram-se casos de aumento de produção em muitas outras culturas, tais como: algodão, aveia, batata, beterraba, centeio, cevada, mostarda, nabo, painço e tremoço.

2.8. Estrutura dos quebra-ventos

Um quebra-vento será mais ou menos eficiente dependendo do clima do local e das características da barreira. Se, por um lado, o clima não se pode mudar, por outro, a estrutura pode ser planejada de forma a proporcionar a melhor proteção possível para o elemento que se quer proteger. No processo de planejamento de um quebra-vento, cada item determinante da estrutura da barreira deve ser analisado individualmente, para que se possa obter a proteção máxima.

2.8.1. Altura

A altura é a característica mais importante a considerar, pois irá determinar a extensão da área protegida. Praticamente todos os autores consultados utilizam o valor da altura das árvores adultas (H) como unidade de medida de distância em relação à barreira. Isto porque o efeito do quebra-vento está diretamente relacionado com este parâmetro. Se um quebra-vento é efetivo por uma distância de 10H, e ele tem 10m de altura, a faixa protegida será de 100m. Se o mesmo quebra-vento tivesse 15m de altura, essa faixa seria de 150m, ou seja, 50% a mais de proteção para uma mesma ocupação de espaço.

É perfeitamente compreensível, portanto, a recomendação de GOMES (1972), dentre outros, de que a altura deve ser a máxima possível.

Um outro aspecto importante em relação à altura é a homogeneidade, pois assim a faixa protegida e o grau de proteção serão também homogêneos (SEREDINA e KARPACHEVSKII, 1982 e WOODRUFF e ZINGG, 1953).

A melhor maneira de se conseguir uma barreira de altura homogênea e eficiente é através da escolha da espécie e do material genético.

2.8.2. Permeabilidade

Permeabilidade, porosidade ou densidade são parâmetros utilizados para avaliar um único aspecto relativo à estrutura da barreira: a capacidade de conter o vento. Para a FAO (1956), a eficiência de um quebra-vento depende de vários fatores, mas principalmente deste.

Embora os pesquisadores de modo geral se refiram a este parâmetro, e até o quantifiquem muitas vezes, são raros aqueles que fornecem uma metodologia para determiná-lo.

BATES (1944) definia a densidade como porcentagem de redução na velocidade do vento. No entanto, não há como fixar este parâmetro, pois dizer que uma barreira fornece uma redução de 50% na velocidade do vento não significa nada. Não se pode saber a que distância foi obtido este valor ou qual a faixa que recebe esta proteção.

Buscando padronizar as medidas para poder compará-las e reconhecê-las, vários autores chegaram a uma mesma definição e a permeabilidade de uma barreira ao vento, ou porosidade, passou a ser a porcentagem de espaços vazios que esta barreira apresenta (RADKE e BURROWS, 1970; BROWN e ROSENBERG, 1972; GOMES, 1972 e SKIDMORE, 1976).

Para determiná-la, RADKE e BURROWS (1970) fotografaram o quebra-vento de um ângulo de 90° e projetaram a imagem sobre uma grade quadriculada, para facilitar a quantificação dos espaços em branco. BROWN e ROSENBERG (1972) modificaram ligeiramente a técnica, cortando e pesando o papel, para evitar cálculos.

A porosidade ideal não é sempre a mesma e deve ser diferen

te se o que se quer proteger é, por exemplo, uma horta ou uma pastagem. De um modo geral, os quebra-ventos têm evoluído de muito densos, impermeáveis, para mais espaçados, permeáveis (SIDDOWAY, 1970).

GOMES (1972), em busca da porosidade ideal em termos de área protegida, encontrou 35 a 40% de porosidade, dado este obtido em túnel aerodinâmico com anteparos.

Hoje, sabe-se que uma barreira muito densa proporciona maior proteção para uma menor distância e que uma barreira pouco densa proporciona menor proteção para uma maior distância (SKIDMORE, 1976 e REDDY, 1979). Além disso, há o problema da turbulência provocada por quebra-ventos muito compactos, que pode anular o efeito da proteção junto à barreira.

Segundo BOTTOMLEY e PARKER (1974), os quebra-ventos para pastagem devem ser densos na base e permeáveis (50%) no restante da altura e, para agricultura, a permeabilidade deve ser média e homogênea em toda a altura. Para controle da erosão, HAGEN (1976) recomenda 40% de permeabilidade.

Além de recomendar que os quebra-ventos não sejam muito compactos, os autores são unânimes em afirmar que a barreira não deve apresentar falhas ou "buracos", e deve reter os ramos até o chão, pois o vento se afunila pelas falhas e passa por elas com velocidade aumentada (BATES, 1944; FERBER, 1958; GUYOT, 1963; EATON, 1971; GOMES, 1972 e BOTTOMLEY e PARKER, 1974). Para café, no Brasil, o IBC (1981) afirma que o quebra-vento ideal deve ser moderadamente permeável (50%), fornecendo uma redução de 50% na velocidade do vento por uma faixa de 10 a 15H, e, contrariando a regra, recomenda que a barreira seja aberta na base (desrama até 2m) para evitar acúmulo de ar frio em noites de geada, no caso específico desta cultura.

2.8.3. Orientação

Sem dúvida, a orientação que fornece a melhor proteção é aquela em que a barreira é disposta perpendicularmente ao vento dominante (WALKER, 1946; GOITIA, 1956; BROWN e HALL, 1968; GOMES, 1972 e IBC, 1981).

A direção do vento dominante pode ser determinada facilmente, segundo DAVIS (1976), pela simples observação das árvores, ou mesmo a partir da vegetação herbácea (BRAUN-BLANQUET, 1950).

É importante lembrar que nem sempre o vento dominante e o vento mais severo têm a mesma direção e, neste caso, faz-se necessário proteger ambas as faces (FERBER, 1958; ORMAN, 1976 e RADVANYI, 1978).

Alguns autores recomendam que o quebra-vento seja projetado de forma a desviar o vento e não reduzir a sua velocidade e, portanto, deve estar colocado obliquamente ao vento (EATON, 1971), com um ângulo de 45° do eixo do vento (SEGUIN e GIGNOUX, 1974).

Há uma certa vantagem em dispor os quebra-ventos em rede. RADVANYI (1978) afirma que uma barreira isolada protege até 10 a 12H, enquanto que dispostas em rede podem proteger até 30H.

2.3.4. Forma do perfil e número de linhas

Enquanto no ocidente os autores afirmam que o quebra-vento teoricamente ideal tem uma única rua, deve ser ereto e com linha de topo flexível (WOODRUFF e ZINGG, 1953; BOTTOMLEY e PARKER, 1974; VIANA et alii, 1978 e IBC, 1981), "os russos insistem sobre a preferência que eles dão aos quebra-ventos complexos, compostos de diversas faixas de árvores e arbustos de diferentes alturas e permitindo uma certa permeabilidade que deve variar em função do clima, do solo, do declive, da força e regularidade dos ventos, levando em conta o problema do turbilhonamento"*

Na verdade, originalmente a tendência, em todo o mundo, era de usar barreiras multilineares, visando a exploração da madeira. O perfil recomendado era aerodinâmico, como o semi-círculo proposto por BATES (1944) ou a secção triangular proposta por WOODRUFF e ZINGG (1953).

Lentamente, os quebra-ventos unilineares foram substituindo os outros. Esta mudança, nos EUA, ocorreu devido ao alto valor da terra, aumento dos impostos, melhoria nas práticas culturais e nas variedades cultivadas, irrigação e diminuição do uso de árvores como lenha nas fazendas (HAVERBEKE, 1977).

* Jean Radvanyi, informação pessoal.

Os russos se viram obrigados a manter a estrutura tradicional, de quebra-ventos multilineares, por causa das severas condições climáticas, em que uma barreira unilinear dificilmente conteria a força do vento.

Para a maioria dos autores, a largura ou número de linhas é importante na medida em que afeta a permeabilidade (GUYOT, 1963). Assim, um quebra-vento unilinear, desde que retenha os ramos inferiores e seja uniformemente permeável, pode ter menor número de árvores, ocupar menor área e exercer muitas das funções esperadas de um quebra-vento multilinear (WOODRUFF et alii, 1963).

Quanto à forma do perfil, as formas retangulares, que começam e terminam com linhas abruptas, são melhores que aquelas inclinadas para o lado do vento (GUYOT, 1963). Portanto, os arbustos, se necessário, devem ser plantados entre as linhas de árvores (REDDY, 1979).

Embora o perfil deva ser vertical, vários autores recomendam que a linha de topo deve ser flexível, para não provocar turbilhonamento (BOTTOMLEY e PARKER, 1974; VIANA et alii, 1978 e IBC, 1981).

2.8.5. Extensão

O quebra-vento funciona como se fosse uma barragem. Assim, como se fosse água, o vento tem a velocidade aumentada nas extremidades da barreira, convergindo depois de passar por ela e fazendo com que a área protegida seja triangular se o quebra-vento for muito curto (BATES, 1944; BROWN e HALL, 1968; BOTTOMLEY e PARKER, 1974). As figuras 3 e 4 ilustram bem os aspectos relativos à extensão da barreira.

Figura 3 - Área continuamente protegida em quebra-ventos de diferentes extensões (de BATES, 1944).

Figura 4 - Área protegida e grau de proteção fornecidos por um quebra-vento de 19H de extensão, aberto na base (de BATES, 1944).

2.8.6. Distância entre linhas

A distância entre linhas, ou seja, entre dois quebra-ventos consecutivos, está relacionada com o grau de proteção que se deseja para a cultura e com a altura das árvores que compõem a barreira. Para padronizar as medidas, convencionou-se determiná-la em múltiplos de H (altura da barreira).

Para a FAO (1956) essa distância não deve ser maior que 10H.

GOITIA (1956) estabelece diferentes distâncias, de acordo com a velocidade do vento:

- vento de até 3m/s (10,8Km/h) - $D = H \times 20 + 3$
- vento de 3 a 6m/s (10,8 a 21,6Km/h) - $D = H \times 30 + 3$
- vento acima de 6m/s (21,6Km/h) - $D = H \times 40 + 3$

sendo D a distância entre as barreiras e H a altura das árvores.

Lembrando que não se deve proteger apenas um ângulo, BOTTOMLEY e PARKER (1974) recomendam que a distância entre as barreiras perpendiculares ao vento seja de 25 a 30H e entre as barreiras paralelas de 50 a 60H.

Para RADVANYI (1978), as faixas paralelas ao vento podem distar entre si até 1000 a 2000m.

O IBC (1981) recomenda, para Grevillea robusta em lavoura de café, no Brasil, que a distância entre barreiras consecutivas esteja entre 10 a 15H.

2.9. Tipos de quebra-ventos

Vários autores tentaram classificar as barreiras arbóreas, mas não conseguiram estabelecer um critério fixo.

GUYOT (1963) os separa em vivos e inertes (artificiais). Mc CALL et alii (1970) classificam os quebra-ventos de três maneiras: Temporários X Permanentes, Plantados X Construídos e Densos X Permeáveis.

Quanto ao uso, GOLDSMITH (1976) os separa em "field windbreaks", que são os quebra-ventos destinados a reduzir a erosão eólica em áreas agrícolas e "farmstead/feedlot windbreaks", usados para proteger as edificações rurais e o gado.

No Brasil, o IBC (1981) separa os quebra-ventos em quatro tipos, conforme a sua longevidade: arbóreos, permanentes arbustivos, temporários e anuais.

2.10. Espécies

A espécie ideal para quebra-vento, segundo GUYOT (1963), deveria reunir as seguintes características:

- ser perenifólia;
- fechar rapidamente;
- possuir sistema radicular tal que a competição seja limitada; e
- fornecer um recobrimento reduzido do terreno.

Para CAMARGO (1965/66) as árvores do quebra-vento devem ser esguias, flexíveis, resistentes às quebras e perenifólias.

Para proteger lavouras de café, no Brasil, o IBC (1981) procura espécies permeáveis, eretas, flexíveis, perenifólias, bastante resistentes ao vento, pouco sujeitas a pragas e doenças, que não necessitem condução especial e cujos frutos não se confundam com os do café.

A escolha da melhor espécie é o primeiro passo para que a implantação de um quebra-vento seja bem sucedida. Para ORMAN (1976), nesta etapa deve-se levar em conta os seguintes fatores:

- clima - pluviosidade e ocorrência de geadas;
- solo - aspecto e drenagem; e
- características da árvore - altura, densidade, formato da copa, caducifolia, toxicidade da folhagem, absorção radicular e suscetibilidade a doenças.

O ideal seria encontrar a espécie com todas as características desejadas, adaptada às condições de clima e solo do local. Com

este objetivo, muitos autores têm lembrado a necessidade de buscar as melhores espécies e procedências e desenvolver programas de melhoramento genético de árvores para quebra-vento (DAVIS, 1976; STURROCK, 1977 e REDDY, 1979).

Na URSS, OZOLIN e TOROKHTUN (1978) referem-se ao uso de plantas de progênes de longevidade comprovada de Ulmus pumila var. arborea, e de alguns híbridos com vigor heterótico, pois lá o grande problema é o crescimento e a sobrevivência das árvores nas condições climáticas severas a que são submetidas.

Nos EUA já existe uma espécie (Fraxinus pennsylvanica) selecionada para quebra-vento (CARDAN, a break..., 1980).

Inúmeras espécies têm sido recomendadas por diversos autores, para diferentes situações. As mais frequentemente recomendadas, em ordem decrescente de número de citações, são as seguintes:

Pinus spp - solos arenosos

Eucalyptus spp - regiões tropicais, zonas áridas (E. camaldulensis)

Cupressus spp - formam barreiras impermeáveis.

Grevillea robusta - frequentemente associada a lavouras de café.

Ulmus spp - para solos secos.

Casuarina spp - zonas costeiras.

Fraxinus spp

Zea mays (milho) - quebra-vento temporário.

Thuja spp - impermeável.

Populus spp - exige solos férteis.

Prosopis juliflora (algaroba) - para clima semi-árido.

Maclura pomifera - EUA

Acacia spp - Índia e África Tropical

Robinia pseudoacacia - URSS e Bulgária.

Juniperus spp

Caragana arborescens - para clima muito frio.

2.11. Grevillea robusta

A Grevillea robusta A. Cunn., comumente designada "silk - oak" (carvalho prateado), é uma espécie arbórea da família Proteaceae, que chega a atingir 35m de altura (NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES, 1980) e 80cm de DAP (BAGGIO, 1983).

Originária das áreas costeiras subtropicais de New South Wales e Queensland, esta espécie australiana foi introduzida em São Paulo no final do século passado (BAGGIO, 1983), estando bem aclimatada ao Brasil (CORREA, 1926).

Cultivada com sucesso nas regiões tropicais da África e em outras regiões de clima quente através do mundo, encontram-se árvores de Grevillea desde o nível do mar até 2.300m de altitude (NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES, 1980), em climas temperados e tropicais, passando pelo subtropical e semi-árido. A espécie vegeta tanto em locais com 400 a 600mm de precipitação anual, com seis meses secos (NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES, 1980), como em locais com até 3.000mm de chuva anual, como a Costa Rica (CORREA, 1926). Segundo a NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES (1980), a Grevillea robusta suporta temperatura de até -10°C, resistindo, portanto, às geadas.

A espécie tem raízes pivotantes e se adapta bem a muitos tipos de solo, desde arenosos, argilosos de fertilidade média, e solos ácidos. Prefere solos profundos e não tolera solos encharcados (NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES, 1980).

No norte do Paraná esta espécie tem apresentado um bom crescimento, com incremento médio anual de 1,7m em arenito e 2,0m em terra roxa (BAGGIO, 1983). Em São Paulo, KOSCINSKI (1938) obteve incremento em altura de 1,75m/ano.

A folhagem da Grevillea é levemente decídua no inverno, não perdendo nunca a totalidade de suas folhas.

Com o sistema reprodutivo um tanto controverso (de polinização cruzada, segundo MORAIS, 1982; monóica, segundo WONG Jr., 1974, e hermafrodita, preferindo ou não excluindo a autofecundação, segundo KOSCINSKI, 1938), de qualquer maneira a Grevillea sementeira abundantemente já aos cinco anos de idade, e apresenta regeneração natural mui-

to fácil, podendo se tomar praga. No entanto, uma vez cortada, não apresenta rebrota (NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES, 1980).

Útil para marcenaria, apicultura e lenha, a Grevillea é usada mais frequentemente associada às lavouras de café, chá e cacau, como sombreadora ou quebra-vento (CHILD e SMITH, 1960; WILLEY, 1975; SCHIEBER e ZENIMYER, 1978 e BAGGIO, 1983).

Nas regiões onde tem sido cultivada, têm sido detectadas algumas pragas e doenças e outros problemas, a saber:

- saúva (Atta sexdens L.): ataca os plantios em São Paulo, provocando a morte de algumas árvores (MELLO, 1959);
- falhas em pH inferior a 4,2 (CHILD e SMITH, 1960), apresentando alta concentração de Manganês nas plantas mortas;
- cochonilhas (CORREA, 1926): Asterolecanium pustulans, Icerya purchasi e Monophlebius nivens;
- "dieback" decorrente da deficiência de Boro (SMITH, 1960);
- cancro do tronco (Botryosphaeria dothidea) entre 1.300 e 1.800m de altitude na Guatemala e gomose e morte regressiva das árvores na Flórida (SCHIEBER e ZENIMYER, 1978);
- redução no crescimento após 20 anos em solos secos (NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES, 1980);
- lagarta desfolhadora Geometrydae (BAGGIO, 1983).

O que se verifica é que, na prática, a Grevillea robusta se aproxima bastante da espécie teórica idealizada como quebra-vento. Apresenta bom crescimento, forma e porosidade convenientes, não é caducifolia e retém os ramos inferiores, além de se desenvolver bem em diversos tipos de solo e ser resistente à geada. Em relação a pragas e doenças, cabe ressaltar o problema da saúva, especialmente em São Paulo e a gomose do tronco*, que pode levar à morte as árvores de Grevillea.

* Alceu de Arruda Veiga, informação pessoal.

3 - MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Local

Foram efetuadas medições em três municípios do Vale do Paranapanema, caracterizados na tabela 1.

O vento dominante no Vale do Paranapanema é o vento sudeste, um vento frio que tem origem no polo sul e que tem nos meses de maio a outubro sua maior intensidade (CAMARGO, 1965/66).

Estes ventos, segundo a escala Beaufort de força do vento (JEMISON, 1934), são leves e raramente fogem das faixas 1 e 2, daquela escala, com velocidade entre 1,6 e 11,2Km/h. Apesar de leves, podem prejudicar seriamente as culturas agrícolas da região, principalmente os cafezais (CAMARGO, 1965/66). Esporadicamente, ocorrem vendavais, que chegam a atingir 100Km/h, no início da época das chuvas, que podem acarretar grandes danos.

A rede de drenagem do Vale do Paranapanema é do tipo retangular, com a maior parte dos cursos d'água correndo no sentido norte-sul.

Tabela 1. Caracterização dos locais de coleta de dados.

	M U N I C I P I O S		
	Cambarã (PR)	Cândido Mota (SP)	Porecatu (PR)
Latitude (Sul)	23º02'	22º45'	22º45'
Longitude (W de Greenwich)	50º06'	50º23'	51º23'
Solo (BRASIL, 1971)	TRe	LR	TRe
Clima (NIMER, 1979)	Tropical, Sub-quente, superúmido, com subseca		
Precipitação média anual (NIMER, 1979)	1250mm	1250mm	1250mm
Ocorrência média de geadas (vezes/ano) (NIMER, 1979)	3-5	3-5	3-5

3.2. Pontos de Medição

Todas as medições foram efetuadas em diferentes distâncias do quebra-vento, conforme esquematizado na figura 5.

Figura 5 - Representação esquemática dos pontos de medição.

As distâncias foram estabelecidas em termos de múltiplos de H (altura da barreira), conforme recomendado por BATES (1944). A altura das árvores foi determinada com um hipsômetro de Weise e transportada para a horizontal com o auxílio de uma trena.

3.3. Caracterização dos quebra-ventos

As medições foram efetuadas em cinco quebra-ventos diferentes:

- A- quebra-vento de 6 anos de idade, localizado no município de Porecatu (PR), com 10m de altura, duas linhas, distância de 6m dentro da linha e 6m entre linhas, com desrama até 2m;
- B- em Porecatu (PR), com 10m de altura e 6 anos de idade, uma única linha, distância de 6m entre árvores, desrama até 2m;
- C- em Porecatu (PR), com 10m de altura, 6 anos de idade, unilinear, espaçamento de 5m entre árvores, desrama até 2m;
- D- no município de Cândido Mota (SP), com 5m de altura, e dois anos e meio de idade, unilinear, 5m entre árvores, sem desrama;
- E- em Cambará (PR), com 10m de altura e 10 anos, unilinear, 10m entre árvores, desrama até 2m.

Os quebra-ventos utilizados são perpendiculares ao vento dominante, formados por árvores de Grevillea robusta.

Os anemômetros foram instalados a uma altura correspondente a $0,2H$ acima do nível do solo.

A velocidade do vento em campo aberto foi tomada a $16H$, a 50m de distância do início da barreira, conforme esquematizado na figura 6 (B).

As medições de velocidade do vento foram efetuadas no mês de agosto, quando o Vale do Paranapanema é mais atingido pelo vento. No período de medição a velocidade absoluta do vento variou entre 4,2 e 10,4Km/h, ficando, na média, em torno de 7,6Km/h.

3.5. Medições de umidade do solo

Para estudo do efeito do quebra-vento sobre a umidade do solo foi utilizado o quebra-vento D. Para a coleta das amostras utilizaram-se dois trados. As amostras foram colocadas em saquinhos plásticos devidamente vedados e depois transferidas para latinhas de alumínio para serem levadas à estufa.

Determinou-se a umidade do solo na camada superficial (0-10cm) e em uma camada mais profunda (30-40cm). Para comparação, tomaram-se amostras em campo aberto, a $16H$ e a 20m de distância da extremidade da barreira.

Tomaram-se três amostras para cada ponto, nas distâncias 0, 1, 2, 4, 8 e $16H$, a sotavento.

As amostragens foram efetuadas no mês de julho, onze dias após uma chuva de 26,6mm, e a velocidade média do vento desde esta chuva até a data da medição foi de 2,78Km/h (tomada no posto meteorológico mais próximo - a cerca de 5Km).

A umidade do solo foi calculada em termos de % do peso seco (em estufa, a 105°C , durante 48 horas).

3.6. Medições de produção de café

Para avaliação do efeito do quebra-vento a produção de ca-

fê utilizou-se o quebra-vento E.

Foram coletadas amostras nos pontos 0, 1, 2, 4, 8 e 16H, a sotavento. Não foi possível obter amostras em campo aberto, visto que a lavoura estudada era totalmente protegida por quebra-ventos.

Para cada ponto foram tomadas 5 amostras, cada uma delas correspondente à produção de dois pés de café (uma cova). Mediram-se ainda a altura e o diâmetro da copa dos cafeeiros, visando correlacionar o estudo vegetativo com a produtividade e a proteção pelo quebra-vento.

As amostras de café foram secas ao ar durante vinte dias após a colheita e pesadas individualmente.

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Caracterização dos quebra-ventos

Figura 2. - Caracterização dos quebra-ventos

QUEBRA- VENTO	IMA (m/ano)	Nº DE LINHAS	% DE VÃOS	POROSIDADE DAS COPAS (%)	POROSIDADE DA BARREIR RA (%)	ALTURA/ LARGURA DA COPA
A	1,67	2	28	10	35	2,74
B	1,67	1	41	26	56	2,20
C	1,67	1	33	20	46	2,13
D	2,00	1	09	20	27	1,89
E	1,00	1	50	19	61	1,79

Visto que os quebra-ventos que têm sido utilizados no Vale do Paranapanema são normalmente constituídos de apenas uma ou, no máximo, duas linhas, não foi possível a comparação entre vários tipos quanto a este aspecto. O que se observou foi que, conforme afirma GUYOT (1963), o número de linhas é importante na medida em que afeta a permeabilidade a esta sim é que irá determinar o padrão de interferência da barreira no fluxo do vento.

As árvores de Grevillea apresentam uma porosidade média, homogênea em toda a copa, de 23%. Quando se planta um quebra-vento de duas linhas, a sobreposição das copas faz com que esta porosidade seja reduzida a 10%. É uma porosidade baixa, que resultaria em um quebra-vento pouco permeável se não houvessem falhas na barreira.

A condução da porosidade ideal se faz através da escolha do espaçamento entre as árvores dentro da linha, que resultará em um maior ou menor entrelaçamento entre as copas, conforme seja mais estreito ou mais largo este espaçamento.

Quebra-ventos multilineares são interessantes quando há intenção de exploração da madeira. Não é o caso dos quebra-ventos de Grevillea robusta no Brasil. Aqui, eles são plantados com a finalidade de proteger as lavouras e, ao mesmo tempo, melhorar a paisagem, não havendo, regra geral, interesse em utilização econômica das árvores. Assim, não são encontrados quebra-ventos com mais de uma linha, a não ser junto às estradas, onde não há perda de espaço.

Além da relação com o número de linhas, há um outro aspecto a ser levado em conta em relação à permeabilidade dos quebra-ventos: a presença de "falhas" ou "vãos" na barreira, indesejável segundo diversos autores (BATES, 1944; FERBER, 1958; GUYOT, 1963; EATON, 1971; GOMES, 1972 e BOTTOMLEY e PARKER, 1974). Quando o espaçamento entre árvores é muito largo, formam-se vãos entre as árvores. As barreiras de Grevillea se fecham (as copas se entrelaçam) quando a altura atinge cerca de duas vezes o espaçamento. Se o espaçamento for de 10m, como é o caso do quebra-vento E, isto só ocorrerá quando as árvores atingirem 20m de altura, o que dificilmente acontece com a Grevillea robusta à plena luz (o que se tem observado é que, nestas condições, esta espécie dificilmente ultrapassa os

15m). Neste caso, sempre existirão falhas verticais na barreira, que provocarão o afunilamento do vento.

A desrama, normalmente praticada em quebra-ventos para lavouras de café com a finalidade de reduzir os riscos de geada (IBC., 1981), também provoca o afunilamento do vento. Os quebra-ventos A, B, e C foram desramados. Com exceção de A, composto por duas linhas, os outros dois quebra-ventos desramados apresentaram aumento da velocidade do vento no ponto 0H (na linha das árvores), sendo que no quebra-vento B a velocidade neste ponto foi 4% superior à velocidade em campo aberto, tornando-o ineficaz na faixa contígua à barreira.

4.2. Velocidade do vento

Na tabela 3 são apresentados os valores relativos da velocidade do vento em diferentes distâncias da barreira, dados em porcentagem da velocidade em campo aberto, tomada simultaneamente. Estes valores estão representados na figura 7.

Tabela 3 - Velocidade do vento (% em relação ao campo aberto) em diferentes distâncias da barreira.

DISTÂNCIA DA BARREIRA (múltiplos de altura H)	Q U E B R A - V E N T O S			
	A	B	C	D
-4H	-	-	-	88,3
-2H	90,5	96,7	65,4	85,0
-1H	87,5	93,1	48,7	75,7
0	51,0	104,0	60,0	-
1H	43,3	81,6	48,4	67,1
2H	28,2	69,2	42,6	54,6
4H	36,5	64,0	58,5	37,8
8H	60,2	68,2	87,3	62,6
16H	93,9	85,7	95,8	84,4

Figura 7- Velocidade do vento (% em relação ao campo aberto) em diferentes distâncias da barreira, para quebra-ventos de diferentes permeabilidades: A=35%, B=56%, C=46% e D=27%.

A fig. 7 mostra que os quebra-ventos de Grevillea robusta agem reduzindo a velocidade do vento a barlavento e a sotavento. Para as quatro barreiras avaliadas (A, B, C e D) este efeito ultrapassou as faixas de 2H a barlavento e 16H a sotavento, sendo que a intensidade e o padrão de interferência sobre o fluxo do vento foram diferentes para barreiras de diferentes permeabilidades.

O quebra-vento A, com 10% de porosidade das copas e o quebra-vento B, com 26%, confirmam a observação de SKIDMORE (1976) e REDDY (1979), de que uma barreira muito densa proporciona maior proteção para uma menor distância e que uma barreira pouco densa proporciona menor proteção para uma maior distância. Com uma redução na velocidade do

vento cerca de 30% superior no ponto de máxima proteção, o quebra-vento A, menos permeável, passa a ser menos efetivo que o quebra-vento B a partir de 12H, sendo que em 16H o quebra-vento B fornece 10% a mais de proteção que o primeiro.

O ponto de máxima proteção foi mais próximo da barreira (2H) para a barreira mais compacta (A) e mais distante (4H) para a barreira mais permeável (B), considerando-se a porosidade das copas. Este é um aspecto importante e deve ser analisado juntamente com a competição, pois uma boa proteção contra o vento junto às árvores pode ser anulada pelos efeitos negativos da competição. Na verdade, os efeitos benéficos dos quebra-ventos passam a ser detectáveis a partir do ponto onde cessa a competição das árvores com a cultura, ou seja, 2H para quebra-ventos de Grevillea robusta.

Comparando-se a área protegida e a intensidade de proteção oferecida pelas barreiras estudadas, verifica-se que os quebra-ventos A e D são os mais eficientes. São os menos permeáveis e, principalmente, os mais homogêneos, com menor porcentagem de "vãos". O quebra-vento D apresenta duas vantagens em relação ao A: tem uma única linha (menor custo e menor perda de espaço) e oferece maior proteção nas faixas mais distantes (a partir de 9H), onde os ganhos são reais, não sendo anulados pela competição.

Considerando, segundo LEYTON (1983) que a área protegida é aquela em que a velocidade do vento é reduzida em pelo menos 20%, temos que os quebra-ventos estudados protegem aproximadamente as seguintes faixas: A = 12,5H; B = 13H; C = 7,0H e D = 14,0H, dados estes obtidos a partir da extrapolação das curvas da fig. 7. Lembrando que a distância entre as barreiras é função da faixa protegida, deduzimos que o quebra-vento D, com 27% de permeabilidade total, não desramado, é o que protege a maior área, podendo ser instalado com um maior intervalo entre barreiras, com implicações de ordem econômica.

4.3. Competição por luz

As árvores competem por fatores ambientais com a cultura. O

grau e a extensão dos efeitos da competição variam com as condições ambientais, com a espécie cultivada e com as características do quebra-vento, como: espécie utilizada e orientação.

No que diz respeito à competição por luz, os quebra-ventos de Grevillea não têm causado perdas por dois motivos: primeiro, porque a cultura protegida, o café, é tolerante à sombra e tem sido cultivado até mesmo junto às árvores do quebra-vento, com boa produção; e, segundo, porque dada a direção do vento dominante no Vale do Paranapanema (sudeste, com um pequeno ângulo em relação ao leste), os quebra-ventos têm sido implantados muito próximos da direção norte-sul que, segundo diversos autores (GUYOT, 1963 e BROWN e HALL, 1968), é a que causa menos problemas de sombreamento.

É interessante observar que, além de ser perpendicular ao vento dominante na região, a linha norte-sul coincide, na maioria das vezes, com as curvas de nível, devido às características da rede de drenagem. Desta forma, os quebra-ventos podem obedecer a melhor orientação e, ao mesmo tempo, ser plantados em nível, auxiliando no controle da erosão do solo e não interferindo na mecanização das lavouras.

4.4. Umidade do solo

A umidade do solo em diferentes distâncias da barreira, tomada na camada superficial do solo (0 - 10cm) e em uma camada mais profunda (30 - 40cm), está relacionada na Tabela 4. Determinou-se a umidade real, em porcentagem do peso seco, e a água disponível, em porcentagem da quantidade máxima de água disponível para o Latossol Roxo em cada profundidade.

Para determinação da quantidade de água disponível utilizou-se a seguinte fórmula:

$$AD = \frac{(U_R - U_{PMP})}{U_{CC} - U_{PMP}} 100$$

onde:

AD = água disponível em porcentagem da capacidade de água disponível (CAD) para o Latossol Roxo.

U_R = umidade da amostra.

U_{cc} = umidade do Latossol Roxo na capacidade de Campo (0,1 bar).

U_{PMP} = umidade do Latossol Roxo no Ponto de Murcha Permanente (15,0 bar)

Tabela 4 - Umidade real (em % do peso seco) e água disponível (em % da CAD) a 0-10 e a 30-40cm de profundidade.

DIST. DA BARREIRA	UMIDADE REAL (%)		ÁGUA DISPONÍVEL (% CAD)	
	0-10cm	30-40cm	0-10cm	30-40cm
0	25,5	30,4	23,5	52,9
1H	26,5	32,4	33,7	72,5
2H	26,8	33,6	36,7	84,3
4H	27,4	35,2	42,9	100,0
8H	27,4	34,7	42,9	95,1
16H	26,4	34,1	32,7	89,2
Campo Aberto	26,1	33,2	29,6	80,4

Os dados de água disponível estão representados graficamente na figura 8.

Figura 8 - Água disponível no solo em diferentes distâncias da barreira, a 0-10 e 30-40cm de profundidade.

Os dados referentes à umidade do solo (tab. 4 e figura 8) mostram que pode haver concorrência por água junto às árvores. A redução no teor de umidade é muito pequena e atinge uma faixa muito estreita (de cerca de $0,5H$) na camada superficial do solo, mas é mais intensa e se estende até as proximidades de $2H$ para a camada de 30 a 40cm de profundidade.

Nota-se que o efeito do quebra-vento sobre a umidade do solo é mais visível nas camadas mais profundas, sendo que aí tanto os ganhos quanto as perdas são maiores, provavelmente devido à maior concentração radicular nestas camadas.

A Fig. 8 mostra que a barreira age evitando as perdas de água do solo em uma faixa que ultrapassa $16H$, sendo que este efeito é

máximo entre 4 e 8H.

Confrontando-se as perdas e os ganhos em termos de umidade do solo verifica-se facilmente que os quebra-ventos arbóreos são benéficos à cultura, especialmente àquelas mais suscetíveis à falta de umidade.

4.5. Produção de café

A produção de café em diferentes distâncias do quebra-vento está relacionada na tabela 5 e fig. 9, sendo dada em termos de Kg. de café seco/cova.

A altura e o diâmetro da copa dos cafeeiros amostrados, com as respectivas produções, em Kg/cova, são apresentados na tabela 6.

Tabela 5. Produção de café seco (Kg/cova), em diferentes distâncias do quebra-vento.

DISTÂNCIA DA BARREI RA (Múlti plos de H)	A M O S T R A S							C.V.
	I	II	III	IV	V	$\bar{X}$	x	%
0	1,38	0,92	1,31	0,65	2,50	1,35	0,71	52,3
1H	0,76	0,57	0,69	0,80	1,12	0,79	0,21	26,0
2H	0,44	0,66	0,55	1,18	1,25	0,82	0,37	45,7
4H	1,54	2,25	1,43	2,22	1,38	1,76	0,43	24,6
8H	1,46	0,93	1,18	1,75	2,88	1,64	0,76	46,2
16H	1,45	1,82	1,86	1,07	1,92	1,62	0,36	22,2

Tabela 6. Altura (m), diâmetro da copa (m) e produção de café seco (Kg/cova) - dados médios para as diferentes distâncias do quebra-vento.

	DISTÂNCIA DA BARREIRA (múltiplos de H)					
CAFEIRO:	0	1H	2H	4H	8H	16H
ALTURA (m)	2,40	2,37	2,50	2,52	2,37	2,40
DIÂMETRO DA COPA (m)	2,12	2,62	2,72	2,58	2,46	2,48
PRODUÇÃO (Kg/cova)	1,35	0,79	0,82	1,76	1,64	1,62

Figura 9. Produção de café seco, em Kg/cova, em diferentes distâncias do quebra-vento.

A variação de produção de um cafeeiro para outro é muito grande e não está correlacionada com o volume da copa. A curva de altura média dos cafeeiros acompanha a curva de produção média, mas quando se analisa individualmente as plantas, esta correlação deixa de existir.

Com a inexistência dos dados de produção do cafeeiro sem proteção contra o vento, não há como avaliar os ganhos e perdas reais decorrentes dos quebra-ventos. Para efeito de comparação, adotou-se a produção em 16H como média.

Verifica-se que há uma queda de produção até as proximidades de 2H, provavelmente decorrente da competição radicular. A elevação da produção no ponto 0 (sob as árvores da barreira) pode ser explicada pela menor competição por água e luz neste ponto, já que as árvores foram plantadas ao lado de um carreador e as plantas amostradas recebiam luz solar em toda a altura até às 10hs. da manhã, além de sofrerem competição radicular com outros cafeeiros apenas de um lado.

A produção máxima observada ocorreu entre 4 e 8H, sendo que em 4H foi 8,6% superior à produção em 16H, para o café seco.

Dos dados levantados depreende-se que a ação dos quebra-ventos é intensa até 8H, mas que os benefícios são restritos nas áreas mais próximas da barreira, devido à competição. Assim, a produção dos cafeeiros é máxima entre 4 e 8H, coincidindo com o pico da curva de umidade do solo e com a redução máxima da velocidade do vento para quebra-ventos permeáveis. No entanto, diante do alto coeficiente de variação encontrado entre as amostras, seria necessária uma amostragem muito maior (vide apêndice, item 7.5.), para confirmação destas observações.

4.6. Implantação e manejo dos quebra-ventos

Diante do interesse em obter os efeitos dos quebra-ventos no mais curto espaço de tempo, práticas destinadas a estimular o crescimento das árvores podem ser adotadas, como abertura de covas grandes, fertilização nas covas quando as condições de fertilidade não forem

adequadas e utilização de mudas grandes e bem formadas.

A desrama das árvores deve ser evitada e devem ser tomadas outras medidas visando a obtenção de barreiras de permeabilidade homogênea e sem falhas, a saber: replantio das mudas mortas logo após o plantio e combate permanente à formiga saúva (Atta spp), que além de desfolhar totalmente as árvores, pode chegar a causar a morte de árvores adultas através de ataques sucessivos.

5. CONCLUSÕES

Os quebra-ventos de Grevillea robusta dos tipos A, B, C, e D provocam redução na velocidade do vento em uma faixa que ultrapassa 2H a barlavento e 16H a sotavento.

Os quebra-ventos densos, pouco porosos, são muito eficientes na redução da velocidade do vento junto à barreira, mas a proteção se estende por uma distância relativamente curta. Por outro lado, os quebra-ventos porosos fornecem menor redução na velocidade do vento junto à barreira, mas protegem as culturas por uma distância bem maior, comparativamente aos primeiros.

Considerando-se o grau de proteção e a extensão da área protegida, verifica-se que o quebra-vento D, com 27% de permeabilidade e com a menor porcentagem de "vãos", foi o mais eficiente na proteção contra o vento.

As barreiras protegem a cultura reduzindo as perdas de umidade do solo, sendo que este benefício se faz sentir a partir de 2H e se estende além de 16H, sendo máximo entre 4 e 8H. Em termos de umidade do solo, os ganhos superam as perdas.

Sob o aspecto de proteção contra o vento a desrama das

árvores da barreira é contra-indicada, pois provoca afunilamento do vento, que passa pela base das árvores com a velocidade aumentada. No entanto, alguns autores recomendam que, a despeito deste afunilamento, a desrama deve ser feita nas regiões em que as geadas sejam frequentes.

Para proteger lavouras no Vale do Paranapanema, os quebra-ventos de Grevillea robusta podem ser plantados com uma única linha, árvores espaçadas em 5m entre si, e a distância entre duas barreiras consecutivas deve ficar em torno de 14H. Como a altura máxima que a Grevillea atinge em campo aberto gira em torno de 15m, esta distância deve ser de, no máximo, 200m, para que haja proteção efetiva.

6. LITERATURA CITADA

AASE, J.K.; F.H. SIDDOWAY e A.L. BLACK, 1976. Perennial grass barriers for wind erosion control, snow management and crop production. In: TINUS, R.W., Ed. Shelterbelts on the Great Plains: Proceedings of the Symposium. Denver, Great Plains Agricultural Council, 69-78.

ANDERSON, P.O., 1935. Planting the standard windbreak. Univ. of Minnesota Agric. Ext. Div. 8p. (Special Bulletin, 168).

ANDRADE, M.C. de, 1979. Agricultura e Capitalismo. São Paulo, Livraria Editora Ciências Humanas. 115p.

BAGGIO, A.J., 1983. Sistema agroflorestal grevilea x café: início de nova era na agricultura paranaense? Curitiba, EMBRAPA-URPFCS. 15p. (Circular Técnica, 09).

BATES, C.G., 1911. Windbreaks: their influence and value. Washington USDA. 100p. (For. Serv. Bull. 86).

BATES, C.G., 1944. The windbreak as a farm asset. Washington, 22p. (Farmer's Bull. 1405).

- BOTTOMLEY, G. e N. PARKER, 1974. Shelter. Tasmanian Journal of Agriculture (s.l.). 45(2): 92-99.
- BOUCHET, R.J.; S. de PARCEVAUX e J. ARNOUX, 1963. Amélioration du rendement des végétaux par abaissement de l'évapotranspiration potentielle. Ann. Agron. 14 (5): 825-834.
- BRASIL, 1971. Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Nordeste do Estado do Paraná. Curitiba, Depto. Nac. de Pesquisa Agropecuária, Div. de Pesquisa Pedológica. 144p. (Boletim Técnico, 16).
- BRAUN-BLANQUET, J., 1950. Sociologia Vegetal. Buenos Aires, Acme, 444p.
- BROWN, A. e N. HALL, 1968. Growing trees on australian farms. Canberra, Forest and Timber Bureau. 397p.
- BROWN, K.W., e N.J. ROSENBERG, 1972. Shelter effects on microclimate, growth and water use by irrigated sugar beets in the Great Plains. Agric. Meteorol., Amsterdam, 9: 241-263.
- CABORN, J.M., 1962. Shelterbelt research. In: Forestry Commission Report on Forest Research for the Year Ended. London, Her Majesty's stationery office, p. 113-116.
- CAMARGO, A.P.de, 1960. Instruções para o combate à geada em cafezais. O Agrônomo, Campinas, 12: 21-35.
- CAMARGO, A.P. de, 1965/66. Quebra-vento quebra o galho. Guia Rural. Campinas, 78-79.
- CAMARGO A.P. de, 1975. Apostamentos de meteorologia. Pinhal, Fundação Pinhalense de Ensino (mimeografado).

- CANNEL, M.G.R., 1983. Plant management in agroforestry: manipulation of trees, population densities and mixtures of trees and herbaceous crop. In: Huxley, P.A. Plant Research and Agroforestry: Proceedings of a Consultative Meeting. Nairobi. ICRAF., p. 455-487.
- CARD, F.W., 1897. Windbreaks. Bulletin of the U.S. Agric. Exp. Station of Nebraska, 48: 68-96.
- CARDAN - a break for windbreaks, 1980. Soil Cons., 45 (8): 11.
- CHILD, R. e A.N. SMITH, 1960. Manganese toxicity in Grevillea robusta. Nature, London, 186 (4730) (1067)
- CORREA, M.P., (1926) Dicionário das Plantas úteis do Brasil e das Exóticas Cultivadas. Rio de Janeiro, Serviço de Informação Agrícola. v. 3, p. 490-491.
- DAVIS, R.M., 1976. Great Plains windbreak history: an overview. In: TINUS, R.W., Ed., Shelterbelts on the Great Plains; Proceedings of the Symposium. Denver, Great Plains Agricultural Council, p. 8-11.
- DENEKE, H., 1931. Über den einfluss bewegter luft auf die Kohlensäureassimilation. Jahr. wiss. bot. 74: 1-32.
- DIMITROV, K.H. e P. KUKULAROV, 1977. Moisture retention of leached chernozems under the influence of shelterbelts, and its effect on the yield of the agricultural crops. Gorkostopanska Nauka, Bulgária, 14 (5): 25-32.
- DZHODZHOV, K.H. e G.S. GEORGIEV, 1980. The protective action of a single shelterbelt against wind erosion. Gorkostopanska Nauka, Bulgária, 17(1): 60-64.

EATON, H.J., 1971. Shelter belts and hedges. Agriculture, 78(5): 185 - 189.

FAO, 1956. Tree planting practices in Tropical Africa. Forestry Dev. Paper, Rome, 8: 130-132.

FERBER, A.E., 1958. Windbreaks in Conservation Farming. Washington , USDA Soil Cons. Serv. 22p. (Miscellaneous Publication, 759).

FERREIRA, L.A.B.; A.E.MAIXNER e N.H. TATSCH, 1976. Quebra-ventos arbóreos. Trigo e soja, Porto Alegre. 17: 13-15.

FINNEL, H.H. 1928. Effect of wind on plant growth. Journal of American Society of Agronomy. 20: 1206-1210.

FRANK, A.B.; D.G.HARRIS e W.O. WILLIS, 1974. Windbreak influence on water relations, growth and yield of soybeans. Crop Sci. 14:761-765.

GOITIA, D., 1956. Utilización de arboles forestales en "Cortinas Rompevientos". Bol. Forestal, Bolívia, 1: 49-51.

GOLDSMITH, L., 1976. Action needed to discourage removal of trees that shelter cropland in the Great Plains. In: TINUS, R.W., Ed., Shelterbelts on the Great Plains: Proceedings of the Symposium. Denver, Great Plains Agricultural Council, p. 12-18.

GOMES, A.L., 1972. Cortinas de protecção contra os ventos. Nova Lisboa, IIAA. 15p. (Série Técnica, 29).

GREB, B.W. e A.L. BLACK, 1961. Effects of windbreak plantings on adjacent crops. J. Soil and Water Cons. 16: 223-227.

- GRIFFITH, P.W., 1976. Introduction of the problems. In: TINUS, R.W., Ed., Shelterbelts on the Great Plains: Proceedings of the Symposium. Denver, Great Plains Agricultural Council, p. 3-7.
- GURGEL FILHO, O.A., 1969. Quebra-ventos protegem lavouras. Coopercotia. 26(233): 21-22.
- GUYOT, G., 1963. Les brise-vent - Modification des microclimats et amelioration de la production agricole. Ann. Agron. Paris. 14(4): 429-488.
- HAGEN, L.J., 1976. Windbreak design for optimum wind erosion control. In: TINUS, R.W., Ed., Shelterbelts on the Great Plains: Proceedings of the Symposium. Denver, Great Plains Agricultural Council, p. 31-36.
- HANSON, C.L. e F. RAUZI, 1977. Class A pan evaporation as affected by shelter, and a daily prediction equation. Agricultural Meteorology. 18(1): 27-35.
- HAVERBEKE, D.F. van, 1977. Conifers for single-row field windbreaks. USDA Forest Service. 10p. (Research Paper RM-196).
- IBARRA, J.C., (s.d.). Antecedentes sobre la erosión, su evaluación y control en Chile. Santiago, Depto. de Conservación del Medio Ambiente, (Publicación nº 11).
- IBC, 1981. Cultura do café no Brasil. Rio de Janeiro, p. 212-215.
- JEMISON, G.M., 1934. Beaufort scale of wind force as adapted for use on forested areas of the Northern Rocky Mountains. Jour Agric. Res. 49 (1): 77-82.
- KOSCINSKI, M., 1938. Grevillea robusta. São Paulo, Directoria de Publicidade Agrícola. 2lp. (Boletim de Agricultura, 39).

KUMMERLY, W., 1974. El gran libro del bosque. Barcelona, Blume. 297p.

LEYTON, L., 1983. Crop water use: principle and some considerations for agroforestry. In: HUXLEY, PA. Plant Research and Agroforestry: Proceedings of a Consultative Meeting. Nairobi, ICRAF. p. 379-400.

LYLES, L., 1976. Wind patterns and soil erosion on the Great Plains. In: TINUS, R.W., Ed., Shelterbelts on the Great Plains: Proceedings of the Symposium. Denver, Great Plains Agricultural Council, p. 22-30.

Mc CALL, W.E.; G.T. SHIGEURA e Y. N. TAMIMI., 1970. Windbreaks for Hawaii. University of Hawaii, Coop. Ext. Service. 10p. (Circular - 438).

MELLO, H. do A., 1959. Ensaio de espaçamento com Grevillea robusta A. Cunn. Revista de Agricultura. 34(4): 267-272.

MILLER, D.R.; N.J. ROSENBERG e W.T. BAGLEY, 1973. Soybean water use in the shelter of a slat-fence windbreak. Agricultural Meteorology. 11: 405-418.

MORAIS, E., 1982. Fenologia do florescimento e frutificação da Grevillea robusta A. Cunn nas condições de São Simão, São Paulo. Piracicaba, ESAIQ-USP. (mimeografado) 6p.

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES, 1980. Firewood crops. Washington. National Academy Press. p. 86-87.

NIMER, E., 1979. Climatologia do Brasil. Rio de Janeiro, Fundação IBGE-SUPREN. 421 p. (Série Recursos Naturais e Meio Ambiente. 4).

OMETTO, J.C. e CARAMORI, P.H., 1981. Características do vento e suas implicações em algumas plantas. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 2. Resumos dos trabalhos apresentados nas sessões técnicas. Pelotas, p. 260-267.

O'ROURKE, T.P., 1976. Tree planting: when in doubt, ask a forester. Forest and Timber, Canberra, 12(3): 4-5.

- ORMAN, R., 1976. Design is the key to effective windbreaks. Forest and Timber, Canberra, 12(3) 6-8.
- OZOLIN, G.P. e I.M. TOROKHTUN, 1978. Povyshat' éffektivnost' pole zashchitnykt lesnyk polos. Lesnoe Khozyaëstvo, 7: 39-45.
- PELTON, W.L., 1976. Windbreak studies on the Canadin prairie. In: TINUS, R.W., Ed., Shelterbelts on the Great Plains: Proceedings of the Symposium. Denver, Great Plains Agricultural Council, p. 64-68.
- POTTER, B.G., 1976. The "Dirty Thirties" Shelterbelt Project. American Forests, 82 (1) 36-39.
- RADKE, J.K., 1976. The use of annual wind barriers for protecting row-crops. In: TINUS, R.W., Ed., Shelterbelts on the Great Plains. Proceedings of the Symposium. Denver, Great Plains Agricultural Council, p. 79-86.
- RADKE, J.K. e W.C. BURROWS, 1970. Soybean Plant Response to Temporary Field Windbreaks. Agronomy Journal, 62: 424-429.
- RADVANYI, J., 1978. Quelques aspects de la conception des bandes forestières de production dans les steppes soviétiques. Revue Forestère Française, 30(6): 489-496.
- REDDY, C.V.K., 1979. Shelter belts against storms and cyclones on the coast. Indian Forester, 105(10): 720-725.
- ROSENBERG, N.J., 1966. Microclimate, air mixing and physiological regulation of transpiration as influenced by wind shelter in an irrigated bean field. Agr. Meteor., 3: 197-224.

- ROSENBERG, N.J., 1976. Effects of windbreaks on the microclimate, energy balance and water use efficiency of crops growing on the Great Plains. In: TINUS, R.W., Ed., Shelterbelts on the Great Plains. Proceedings of the Symposium. Denver, Great Plains Agricultural Council. p. 49-56.
- SCHIEBER, E. e G.A. ZENMYER, 1978. An important canker disease of Grevillea in Guatemala. Plant Disease Reporter, 62 (10): 923-924.
- SEGUIN, B. e N. GIGNOUX, 1974. Etude experimentale de l'influence d'un reseau de brise-vent sur le profil vertical de vitesse du vent. Agricultural Meteorology, 13: 15-23.
- SEREDINA, M.A. e L.O. KARPACHEVSKII, 1982. Relationship between differentiation of trees and soil moisture-content regime in a shelter belt. Moscow Univ. Soil Science Bulletin, 37 (1): 53-55.
- SIDDOWAY, F.H., 1970. Barriers for wind erosion control and water conservation. Journal of Soil and Water Conservation, 25 (5): 180-184.
- SKIDMORE, E.L., 1976. Barrier-induced microclimate and its influence on growth and yield of winter wheat. In: TINUS, R.W., Ed., Shelterbelts on the Great Plain. Proceedings of the Symposium. Denver, Great Plains Agricultural Council, p. 57-63.
- SMITH, A.N., 1960. Boron deficiency in Grevillea robusta. Nature, London, 186 (4729) (987).
- STAPLE, W.J. e J.J. LEHANE, 1955. The influence of field shelterbelts on wind velocity, evaporation, soil moisture and crop yield. Canadian Journal of Agri. Sci., 35: 440-453.

- STOECKELER, J.H., 1963. Shelterbelts and their effects on crop yields in the Great Plains. Journal of Soil and Water Conservation, 18(4) : 139-144.
- STURROCK, J.W., 1977. Shelterbelts in New Zealand - Experience and innovation. Span, 20(3): 118-120.
- TIGRE, C.B., 1972. Quebra-ventos e faixas de proteção para a zona seca. Fortaleza, Ceará, DNOCS. 34p.
- TKATCHENKO, B., 1950. Défense contre la sécheresse et contre l'érosion dans les steppes de la Russie méridionale. L'Agronomie Tropicale, 5: 3-41.
- TRENK, F.B., 1914. Shelterbelts for windblown soils. Agric. Ext. Serv. of the College of Agriculture of the University of Wisconsin. 8p.
- WAH, J.E. e K.B. ADEOYE, 1984. Effects of the shelterbelts in the sudan savanna zone of Nigeria on microclimate and yield of millet. Agricultural and Forest Meteorology, 33(2/3): 99-107.
- VAN DEUSEN, J.L., 1978. Shelterbelts on the Great Plains: what's happening? Journal of Forestry, 76(3): 160-161.
- VIANA, A.S.; A.P. de CAMARGO e D.R. FERNANDES, 1978. Estudo de espaçamentos de quebra-ventos temporários para café em formação. In: Anais do Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras. Ribeirão Preto, IBC. vol. 6, p. 42-45.
- VORA, A.B.; A.J. PARAPILLIL e K.S. SHARMA, 1982. Effect of windbreak and shelterbelts on wheat and mustard as well as on wind velocity. Indian Forester, 108(3): 215-220

- WADSWORTH, R.M., 1959. An optimum wind speed for plant growth. Annals of Botany, N.S., 23(89):195-199.
- WALKER, J., 1946. Planning and planting field shelterbelts. Dominion of Canada - Department of Agriculture. 15p. (Publication 785, Farmer's Bulletin, 139).
- WEAVER, J.E. e F.E. CLEMENTS, 1950. Ecologia Vegetal. Buenos Aires, Ed. Acme Agency. 666p.
- WILLEY, R.W., 1975. The use of shade in coffee, cocoa and tea. Horticultural Abstracts, 45(12): 791-798.
- WILLIS, W.O.; A.B. FRANK; E.J. GEORGE e H.J. HAAS, 1976. Soil water extraction by, and growth of multi-row windbreaks. In: TENUS, R.W., Ed., Shelterbelts on the Great Plains. Proceedings of the Symposium. Denver, Great Plains Agricultural Council, p. 87-92.
- WONG Jr., W.H.C., 1974. Grevillea robusta A. Cunn. In: Seeds of wood Plants in the United States. USDA For. Serv. Agric. Hand book. (450) : 437-438.
- WOODRUFF, N.P.; D.W. FRYREAR e L. LYLES, 1963. Reducing wind velocity with field shelterbelts. Manhattan, Agricultural Experiment Station, Kansas States University of Agriculture and Applied Science. 26 p. (Kansas Technical Bulletin, 131).
- WOODRUFF, N.P.; R.A. READ e W.S. CHEPIL, 1959. Influence of a field wind-break on summer wind movement and air temperature. Manhattan, Agricultural Exp. Station, Kansas State University of Agriculture and applied Science. 24p. (Kansas Technical Bulletin 100).
- WOODRUFF, N.P. e A.W. ZING, 1953. Wind tunnel studies of shelterbelt models. Journal of Forestry, 51(3): 173-178.

7. APENDICE

7.1. Análise Física do Latossol Roxo

% de Umidade

PROF. DO SOLO	0,1 (C.C.)	T E N S ã O (b a r)				15,0 (PMP)
		0,3	1,0	3,0	6,0	
0-20cm	33,1	30,5	28,1	26,5	25,5	23,3
60-80cm	33,9	30,6	28,4	27,1	27,1	24,8

7.2. Dados de Velocidade Absoluta do vento

VELOCIDADE DO VENTO (Km/hora)		Área protegida/campo aberto		
DIST. DA BARREIRA	Q U E B R A - V E N T O S			
	A	B	C	D
-4H	_____	_____	_____	4,35/3,84
-2H	4,20/3,80	3,05/2,95	3,90/2,55	4,34/3,69
-1H	4,80/4,20	2,90/2,70	3,90/1,90	4,12/3,12
0	4,90/2,50	2,50/2,60	3,50/2,10	_____
1H	5,20/2,25	2,45/2,00	3,20/1,55	4,80/3,22
2H	4,25/1,20	2,60/1,80	2,70/1,15	4,52/2,47
4H	4,80/1,75	2,50/1,60	3,25/1,90	4,45/1,68
8H	4,90/2,95	2,20/1,50	3,55/3,10	4,52/2,83
16H	4,90/4,60	2,10/1,80	3,60/3,45	4,62/3,90

7.3. DIMENSÕES DO CAFEEIRO

ALTURA (m)

DIST. DA BARREIRA	C A F E E I R O S					$\bar{X}$	s	C V %
	I	II	III	IV	V			
0	2,50	2,30	2,30	2,20	2,70	2,40	0,20	8,3
1H	2,30	2,40	2,40	2,50	2,25	2,37	0,10	4,1
2H	2,65	2,35	2,60	2,40	2,50	2,50	0,13	5,1
4H	2,10	2,50	2,40	2,80	2,80	2,52	0,29	11,7
8H	2,50	2,20	2,55	2,15	2,45	2,37	0,18	7,7
16H	2,60	1,90	2,60	2,30	2,60	2,40	0,31	12,8

DIÂMETRO DA COPA (m)

DIST. DA BARREIRA	C A F E E I R O S					$\bar{X}$	s	C V %
	I	II	III	IV	V			
0	2,50	1,80	2,00	2,20	2,10	2,12	0,26	12,2
1H	2,70	2,60	2,30	2,70	2,80	2,62	0,19	7,3
2H	2,70	2,70	2,80	2,60	2,72	2,72	0,08	3,1
4H	2,20	2,70	2,40	3,00	2,60	2,58	0,30	11,8
8H	2,60	2,60	2,50	2,20	2,40	2,46	0,17	6,8
16H	2,40	2,30	2,70	2,50	2,50	2,48	0,15	5,9

7.4. UMIDADE DO SOLO - % DO PESO SECO

0-10cm

DISTÂNCIA DA BARREIRA	A M O S T R A S			$\bar{X}$	s	C.V. %
	A	B	C			
0H	25,6	25,8	25,1	25,5	0,36	1,4
1H	26,3	26,6	26,7	26,5	0,21	0,8
2H	26,4	26,9	27,1	26,8	0,36	1,3
4H	27,2	27,7	27,2	27,4	0,29	1,1
8H	26,9	27,6	27,6	27,4	0,40	1,5
16H	26,5	26,4	26,4	26,4	0,06	0,2
Campo aberto	26,6	25,8	25,9	26,1	0,44	1,7

30-40cm

DISTÂNCIA DA BARREIRA	A	B	C	$\bar{X}$	s	C.V. %
0	30,2	29,9	31,1	30,4	0,62	2,1
1H	32,5	32,6	32,0	32,4	0,32	1,0
2H	33,3	33,8	33,7	33,6	0,26	0,8
4H	35,0	35,5	35,1	35,2	0,26	0,8
8H	34,8	34,2	35,0	34,7	0,42	1,2
16H	34,3	33,9	34,0	34,1	0,21	0,6
Campo Aberto	33,2	33,0	33,4	33,2	0,20	0,6

7.5. ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS RESULTADOS

Teste de Kruskal-Wallis, para dados não paramétricos (CAMPOS, 1979)

UMIDADE DO SOLO: 0 a 10cm de profundidade

DIST. DA BARREIRA	$\overline{UR}$	$\overline{UD}$	
0	25,5	23,5	b
1H	26,5	33,7	a,b
2H	26,8	36,7	a,b
4H	27,4	42,4	a
8H	27,4	42,9	a
16H	26,4	32,7	a,b
Campo aberto	26,1	29,6	a,b

UMIDADE DO SOLO: 30 a 40 cm de profundidade

DIST. DA BARREIRA	$\overline{UR}$	$\overline{UD}$	
0	30,4	52,9	c
1H	32,4	52,9	b,c
2H	33,6	84,3	a,b,c
4H	35,2	100,0	a
8H	34,7	95,1	a,b
16H	34,1	89,2	a,b,c
Campo aberto	33,2	80,4	a,b,c

As medidas seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si.

PRODUTIVIDADE DOS CAFEEIROS

Para a produtividade dos cafeeiros o teste de Kruskal - Wallis aponta diferença significativa entre as amostras, mas não é possível detectar diferença entre as médias de produtividade correspondentes a cada distância.

O alto coeficiente de variação (C.V.) encontrado é decorrente de amostragem insuficiente.

Segundo a fórmula de COCHRAN (1965):

$$n = \frac{t^2 s^2 (1-f)}{d^2} ,$$

onde: n= nº mínimo de amostras

t= valor de tabela (Student)

s² = variância

d = 0,1

f = $\frac{a}{N}$

a = nº de amostras tomadas

N = nº total de indivíduos,

o número mínimo de amostras para cada distância seria de 76 ao nível de 5% de probabilidade e, ao nível de 1%, 305 amostras.

CAMPOS, H. de, 1979 Estatística Experimental não paramétrica, 3a. ed. ,
Depto. de Matemática e Estatística - ESALQ. Piracicaba. 343p.

COCHRAN, W.G., 1965. Técnicas de amostragem. 2a. ed. Ed. Fundo de Cultura.
Rio de Janeiro. 555p.