

**VARIÁVEIS AGROMETEOROLÓGICAS E MATERIAIS DE COBERTURA E
CORTINAMENTO DAS ESTUFAS AGRÍCOLAS
NEVILLE VIANNA BARBOSA DOS REIS
CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE HORTALIÇAS
Neville@cnph.embrapa.br**

ABSTRACT

In this research was study the behaviour of the low density polyethylene plastic of greenhouse coverings of 150 micra thickness after two years of being used as a cover of a plastic greenhouse, regard to the global transmission PAR energy. Results showed the viability to use those plastic in vegetables crops production of tomato, cucumber, green pepper and lettuce without no significative little low decrease in production, quality and profit.

RESUMO

Nessa pesquisa estudou-se o comportamento da idade do plástico de polietileno de baixa densidade de 150 μ com a relação transmitância da quantidade de radiação global, após o envelhecimento dos citados materiais (dois anos de uso), concluindo-se que em termos quantitativos, a radiação necessária a produção de tomate, pepino, alface e pimentão é perfeitamente viável, necessitando porém de mais pesquisas sobre a qualidade de luz na produtividade e qualidade dos frutos obtidos.

Palavras-chave: agrofilmes, polietileno, pvc, policarbonato, radiação solar, estufa, plasticultura

INTRODUÇÃO

A radiação solar afeta a vida da planta através do efeitos térmico, fotossintético, fotomorfogênico e mutagênico principalmente através do intervalo de faixa de onda entre 360 e 760 nanômetro conhecidas como radiação fotossinteticamente ativa é a da faixa térmica (comprimento de onda maior do que 760 nm), nos processos fisiológicos de crescimento e desenvolvimento da mesma (Jones, 1992). Em pesquisas sobre o uso de polietileno de baixa densidade de 0,1mm de espessura na Universidade Federal de Pelotas, RS, Farias (1989) observou que em média, 83% da radiação solar global verificada externamente, ao redor das 12 horas, penetrou para o interior da estufa, variando este percentual de 65 a 90% em dia de céu limpo, e que em média, 45% da radiação solar global interna correspondeu à radiação difusa, ao passo que, externamente este percentual foi de 24%, evidenciando o efeito dispersante da cobertura plástica. Em pesquisa sobre comportamento de variáveis micrometeorológicas no interior de três modelos de estufas capela, teto em arco e teto convectivo, na região de Brasília, Distrito Federal, Reis et al. (2000) observou a influencia do desenho do telhado na transmitância da radiação solar global e no controle interno da temperatura e umidade relativa, concluindo que o modelo de teto convectivo foi o que melhor resultado apresentou em função de sua maior inclinação aos raios solares resultando em maior concentração de energia na forma difusa do que na forma direta. Entretanto qualquer que seja a natureza do material utilizado na cobertura e cortinamento das estufas o mesmo terá de possuir certas características básicas tais como apresentar máxima transmitância para a radiação solar global de ondas curtas na faixa de 380 a 3.000 nanômetro e máxima capacidade de retenção da radiação térmica no espectro de comprimento de onda superior a 3.000 nanômetro (Matallana et Al., 1993). Os materiais utilizados na cobertura e cortinamento das estufas agrícolas em sua grande maioria, são compostos a base de polímeros de etileno aditivados, contra radiação

ultravioleta e outros aditivos que imprimam qualidades específicas como antigotejamento, seletividade, difusibilidade de luz e reflectividade (Dubois, 1978). Também outros materiais como o vidro, polycarbonato e acrílicos são utilizados neste processo de confecção das estufas agrícolas. Os materiais de cobertura de estufas variam largamente em suas propriedades de reter calor, principalmente quando são usados materiais reforçados como o vidro e o polycarbonato que apresentam alta performance em qualquer circunstância. A superioridade do vidro advém da baixa emitância deste material sendo quase desprezível em condições de céu claro e desprezível quando usado conjuntamente com a tela térmica instalada interna ou externamente à estufa (Garzoli,1985).

Cermeño (1990) define estufa como uma estrutura coberta por um material transparente que permite a passagem da luz solar para crescimento e desenvolvimento das plantas. Pela definição, são duas as partes principais de uma estufa, a estrutura e os materiais utilizados em sua cobertura e cortinamento. Também são partes integrantes de uma estufa os componentes acessórios (teto zenital, lanternins, exaustores, ventiladores, sistemas de irrigação e fertirrigação, sistemas de injeção de CO_2 , refrigeradores e aquecedores).

A estrutura é o sistema de armação e de sustentação da estufa e dos componentes principais e acessórios. O formato da estrutura determina o modelo da estufa, dentre os quais destacamos os modelos mais utilizados no Brasil, capela, Teto-em-arco, teto-convectivo, londrina, túnel alto, belo união, dente de serrote e túnel forçado, configurados de forma individual ou conjugadamente (geminados). Também conforme o tipo de modificação microclimáticas desejada, as estufas são classificadas em 3 tipos, climatizadas, semiclimatizadas e não climatizadas (Reis, 1994). Estufas climatizadas são aquelas onde se exerce o controle total e preciso sobre as variáveis micrometeorológicas de temperatura, umidade, luz (quantidade e qualidade), fotoperíodo, controle da taxa de gás carbônico. Semiclimatizada é o tipo de estufa caracterizado pelo controle das variáveis micrometeorológicas em faixas, não dispõe de aparelhagem adequado ao controle preciso das variáveis, normalmente possuem controle parcial de temperatura e umidade relativa. O tipo de estufa não climatizado é caracterizado pela ausência total de aparelhagem acessória de controle das variáveis micrometeorológicas, os ajustes das variáveis são conseguidos em função da escolha do local de instalação (topoclima), seleção de modelo, uso de quebraventos, espaçamento das culturas e seleção de material de cobertura e cortinamento.

Hamrick, citado por Hanan (1997) propõe como , método para classificação de materiais de cobertura para casas de vegetação as normas da ASTM - 903 da Sociedade Americana para Padrões de Métodos e Teste. Por estas normas, os materiais destinados a coberturas de casas de vegetação devem permitir a passagem de 80 a 90% da radiação fotossinteticamente ativa (PAR). Entretanto mesmo nos Estados Unidos esta norma não é cumprida totalmente. Na realidade, dependendo da localização e do modo de cobrir a estufa, consegue-se em média uma transmitância da radiação solar da ordem de 60% da radiação fotossinteticamente ativa.

O vidro foi primeiro material de cobertura utilizado devido às suas propriedades óticas de transmitância da radiação solar. O vidro permite a passagem da radiação solar na forma de ondas curtas (0 a 3500 nm) e aprisiona-a como radiação de ondas longas, na faixa compreendida entre a radiação infravermelho e a radiação térmica (760 a 50000 nm). Esta propriedade física do vidro é fundamental na formação do efeito-estufa do interior das estufas (Dubois, 1978). Embora a faixa do espectro solar no qual o vidro atua seja a ideal, uma série de inconvenientes entre os quais o seu elevado preço, dificuldades e custos de instalação e falta mão-de-obra especializadas, bem como as dificuldades para produção de vidros de alta temperatura por partes de países em desenvolvimento, levaram os países desenvolvidos a produzirem novos materiais sintéticos de plásticos de base polimérica ou resinosa. Esses materiais plásticos são produzidos procurando-se incorporar as propriedades físicas similares às apresentadas pelo

vidro. O uso do vidro continua a ser utilizado em pequenas escalas em países onde a relação custo/benefício permite sua utilização como o Japão, Holanda, Bélgica e USA.

Em função do interesse econômico despertado pelos materiais plástico de origem sintéticas criou-se a "Plasticultura", definida com a ciência e a tecnologia do uso de plásticos na agricultura e na horticultura (Dubois, 1978). Os plásticos são utilizados em diferentes aspectos da agricultura e horticultura para proteção de plantas e culturas, transporte e embalagens, preservação e armazenamento de produtos, construções rurais e maquinarias, alteração de microclima, esterilização de solos, na construção de reservatórios, tubos e canos de água para sistemas de irrigação.

Os materiais plásticos utilizados nas coberturas e cortinamento das estufas são polímeros e resinas aditivados com lubrificantes de sais metálicos e ácidos gordurosos a base de Sn e Al. Além dos lubrificantes também são utilizados os estabilizadores ou ante-oxidantes em dosagens menores do que 1%, como o tartarato de butil fenol. Os polímeros de etileno são baseados no gás etileno (C_2H_2) de peso molecular 28 e fórmula $28n$, onde n é o número de moléculas do polímero. Os polímeros podem ser de cadeia linear ou de cadeia ramificada. No primeiro grupo os polímeros possuem cadeias moleculares quase sem ramificação lateral, onde estão incluídos o polietileno, o cloreto de polivinil (PVC), polistereno, polipropileno e poliamida (nylon). O segundo grupo é caracterizado pelos polímeros de cadeias moleculares de ramificações laterais. Nesse grupo estão incluídas as resinas fenol/formaldeida, urea/formaldeidas e o poliéster.

Baseados em polímeros semiorgânicos (silicones) ou polímeros orgânicos combinados a um número de diferentes aditivos, os quais se fazem presentes para o desenvolvimento de certas propriedades e para conversão e finalização dos produtos, os plásticos podem ser classificados em (Hanan, 1997 e Pedro, 1988):

Plásticos reforçados, são plásticos dos grupos infusível e termoplásticos, a base de compostos fenólicos, de uréia formaldeida e de resinas epoxi, com incorporação de até 30% de fibra de vidro ou de nylon para na sua estrutura, como polietileno, polipropileno, pvc e poliamida.

Plásticos recheados ou frios são aqueles em cuja estrutura são inseridos certos materiais de enchimento como ardósia, mica ou vidro na forma de pó, substâncias orgânicas como pó de madeira ou celulose etc. Exemplo de plástico recheado é EVA (etileno vinil acetato), que é um copolímero resultante da inserção do monômero acetato de vinil no monômero etileno.

Plásticos flexibilizados - são plásticos que em seu estado natural são rígidos como é o caso do cloreto de polivinil (PVC), quando incorporados por substâncias plastificadoras como o éter orgânico ftalato de dicotil ou fosfato de tricresil, tornam-se flexíveis, sendo esta a metodologia adotada para obtenção do filme de PVC.

Plásticos alcochoados - são plásticos especiais de ambos os grupos (infusíveis e termoplásticos) resultantes da adição de pequenas esferas espumosas de vidro, ou de agentes químicos cujas decomposições por aquecimento produzem gases (geralmente nitrogênio) para formação de uma massa porosa com considerável redução na densidade do plástico obtidos. Estes plásticos são usados como isolantes térmicos, em embalagens antiempactos etc.

Em geral os plásticos para serem utilizados na agricultura e horticultura, principalmente na cobertura e cortinamento das estufas tem que possuir certas propriedades que coadunem com sua aplicação, entre as quais destacamos resistência à radiação ultravioleta, ótima transmitância de radiação solar na faixa fotossinteticamente ativa e alto poder de retenção da mesma na faixa infravermelho para formação do efeito-estufa, ser de baixa densidade para redução de cargas na construção das estufas, permeabilidade a gases (oxigênio, nitrogênio e gás carbônico) etc. Em função dos objetivos deste trabalho apresentamos as propriedades de transmitância dos principais materiais utilizados na cobertura e cortinamento das estufas (tabela - 1).

Tabela - 1 - Propriedade dos principais materiais utilizados em cobertura e cortinamento de estufas, no tocante a transmitância de radiação e durabilidade.

Material	Tipo	espessura (mm)	transmitância de RFA (%) (PAR)	transmitância Térmica (%) ²	Perda de calor(W m ⁻² C ⁻¹)	Durabili_dade (anos)
Vidro	tempera-do	3,4	88	3	6,6	25
Acrílico	estrutu-rado	8, 16, 32	83	<3	6,3	25
Policar-bonato	folha simples	4, 6 ,8, 16	'79	2 - 3	3,5	5 - 7
Fluoreto de polivinil	fil me	90 - 120μ	92	21	5,7	>10
Polietile-no	Resistente a UV ± Infraver-melho	100-150μ	87	50	6,3	2-3

MATERIAL E MÉTODO

Este trabalho foi desenvolvido no Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças da Emabrapa, latitude de 15°56'00", longitude de 48°08'00" e altitude de 997 m e teve por objetivo avaliar a durabilidade dos plásticos de cortinamento e cobertura das estufas em função da idade de sua utilização, bem como, sobre a redução na transmitância da radiação solar global a através dos mesmos, com vistas orientar os produtores de hortaliças de Brasília, DF, que utilizam o sistemas de plantio protegido por estufas. O plástico trabalhado foi o polietileno de baixa densidade, aditivados contra radiação ultravioleta, espessura de 150 μ, em dois estádios de vida, um recentemente instalado e outro instalado com dois anos de uso. As estufas eram do modelo Teto-em-arco medindo 8,00 m de largura x 50,00 m de comprimento e pé-direito de 2,60 m de altura. As medições de radiação foram feitas dentro e fora das estufa com auxílio de um sensor piranométrico de fabricação Li - 200 SB, calibrado em unidades de W m⁻² (medição instantânea) acoplado a um monitor solar LI 1776, de fabricação LI - COR, inc. em intervalo de 2 em 2 horas, começando às 8:00 horas e encerrado às 16:00 horas.

RESULTADOS E DICUSSÃO

Os resultados mostraram que após dois (2) anos de uso os plásticos se encontravam em boas condições de conservação aparente, sem danos mecânicos, pouco impregnados por poeira e limos, provavelmente porque essa estufa se encontra instalada em área cobertas por grama, com menor incidência desses materiais. Nestas circunstâncias as condições de transmitância da radiação solar global ficaram reduzidas em percentuais que variam de 11 a 6 %, em períodos fora da passagem do sol pelo seu meridiano, 10:00 e 14:00 horas, respectivamente. Esta diferença entretanto cai para 2% quando o sol se encontra mais vertical em relação ao seu meridiano local (figura - 1).

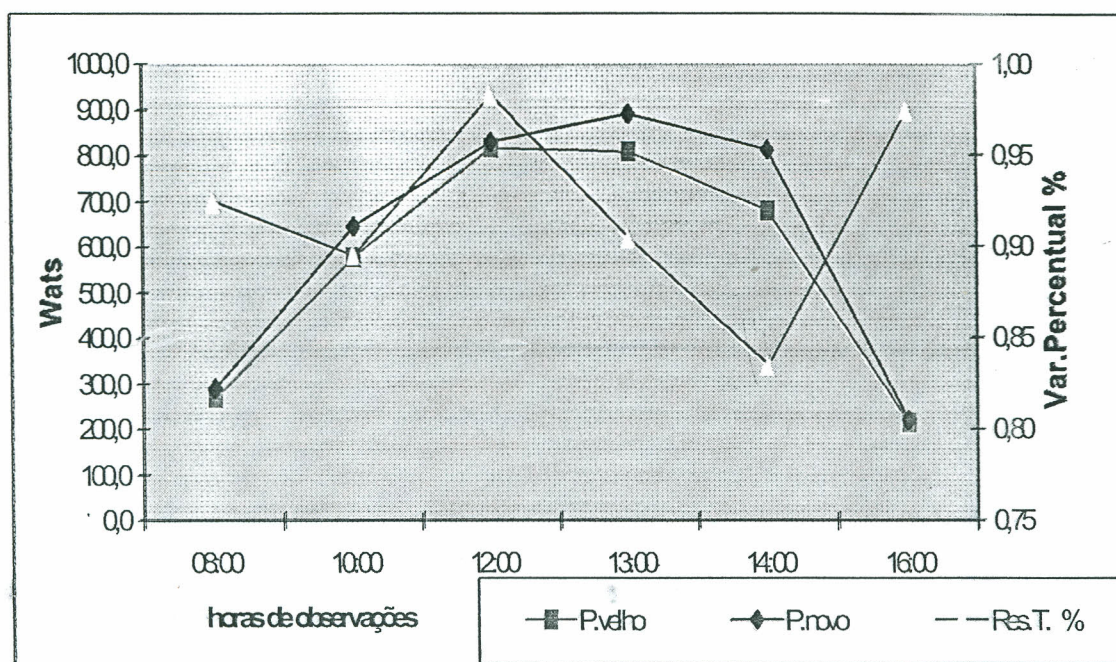


Figura 1 Percentual de transmitância de radiação solar em plásticos novo e usado após um período de 2 anos (plástico velho).

Observou-se também que o plástico novo apresentou um percentual de transmitância da radiação que variou de 55% às 8:00 horas à 91% 13:00 hora quando comparadas a radiação recebida a do lado externo da estufa (figura - 2).

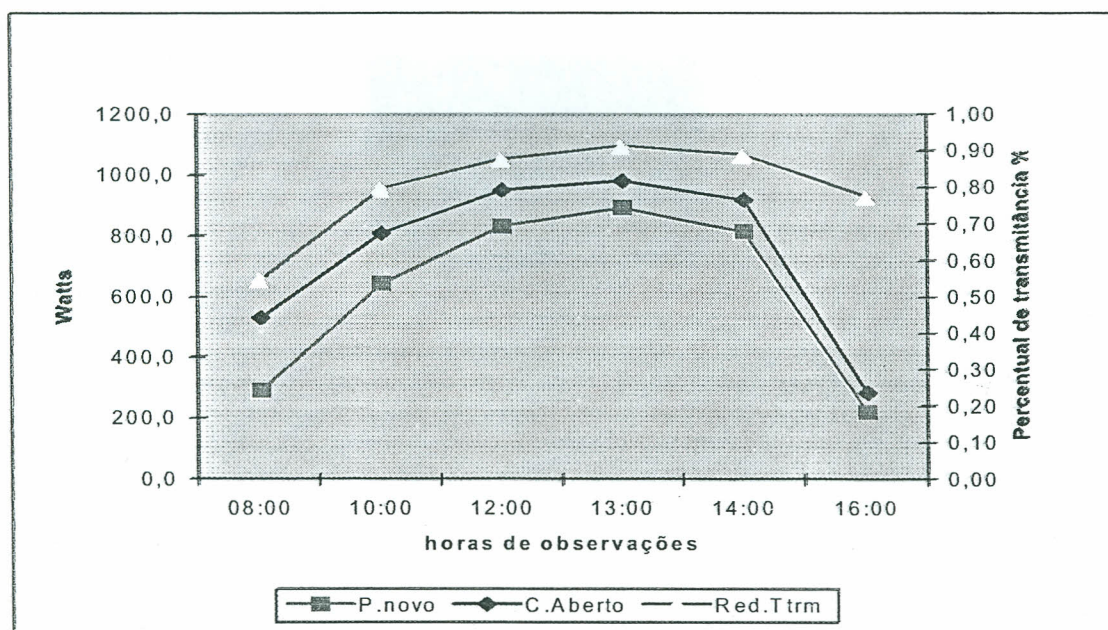


Figura 2 Percentual de transmitância da radiação solar através de uma estufa teto-em-arco coberto por polietileno novo.

Ainda foi observado que a transmitância do plástico após dois anos de uso (plástico velho) apresentou uma redução percentual de transmitância da radiação solar em relação à observada a céu aberto variando de um mínimo de 50% às 8:00 horas, para um máximo de 86% às 12:00 horas (figura 3).

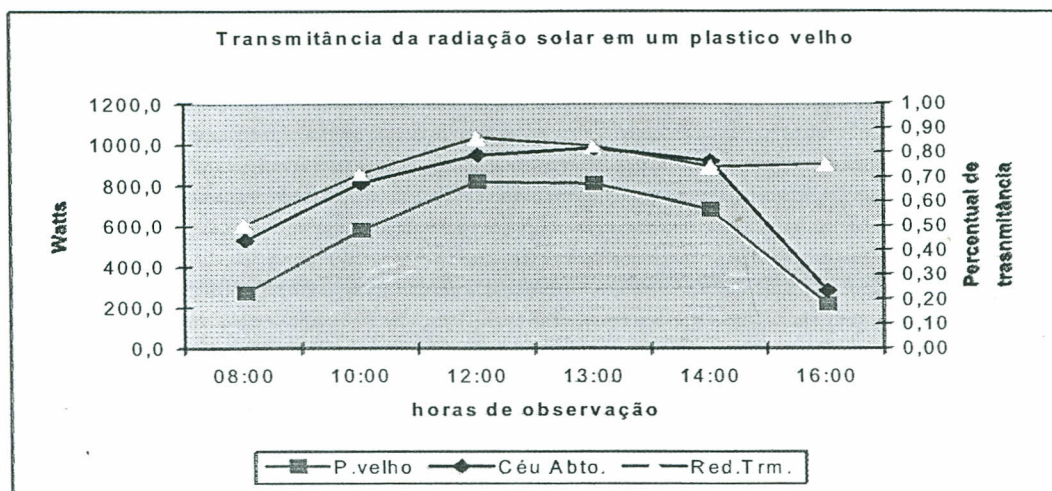


Figura 3 Percentual de transmitância da radiação solar através do plástico de cobertura após dois anos de uso (plástico velho).

CONCLUSÕES

Embora a nossa pesquisa tivesse por objetivo avaliar a transmitância de radiação solar através de plásticos de polietileno de baixa, em função da idade de duração (plástico recentemente instalado na estufa e após dois anos de uso), conforme especificado em nossa metodologia, conclui-se que em termos de quantidade de radiação, esta é perfeitamente compatível com a produção das principais espécies olerícolas (tomate, pepino, pimentão) cultivadas em Brasília, D.F.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cermeno, Z.S. *Estufas – instalações e manejo*, Litexa Editora, Ltda, Lisboa, 1990. p13-160, 355 p.
- Dubois, P. *Plastics in agriculture*, Applied Science Publishers LTD, London, 1978. 1 - 42, 176p.
- Farias, J. R. B; Bergamachi, H; Martins, S.R. & Berlato, M. A. *Efeito da cobertura plástica de estufa sobre a radiação solar*. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 1, n. 1, p. 31-36, 1993.
- Garzoli, K. V. *Property requirements of a greenhouse covering material for clear sky conditions*. N170, p69-80, ano 1985.
- Hanan, J. J, *Greenhouse advanced technology for protected horticulture* CRC Press, 1997. p 167-270, 684 p.
- Matallana, A & Montero J.I. *Invernaderos diseño, construccion y ambientacion*. 2. ed. Madri: Ediciones Mundi-Prensa, 1993. 159p
- Pedro, F. R & Vicente, L. M. *Aplicacion de los Plasticos en la Agricultura*. 2. ed. Ediciones Mundi-Prensa. Madri, 1988. p.107-133, 562 p.
- REIS, N. V. B.; CARRIJO, O. A. *Avaliação dos fatores micrometeorológicos em três modelos de estufas cultivadas com tomate em substratos*. Horticultura Brasileira, Brasília, v. 19, suplemento CD-ROM, julho 2001.
- REIS, N.V.B. dos. *Apostila técnica sobre plantio de hortaliças em estufas plásticas*. Brasília: EMBRAPA-CNPH, 1994. 14p. Na capa, título: "Apostila técnica - produção de hortaliças com o uso de agrofílm".