

# USO DE RESÍDUO DE INDÚSTRIA COUREIRA COMO ADITIVO EM SUBSTRATO AGRÍCOLA MISTO

*Use of health industry waste as additive in mixed agricultural substrate*

Márcio Luis Vieira<sup>1</sup>  
Geórgia de Azevedo<sup>2</sup>

## RESUMO

O material que resulta do rebaixamento de couro wet-blue (RR), também chamado de “serragem de couro”, vem do processo de uniformização do couro na indústria de curtimento. A indústria coureiro-calçadista e a produção de mudas vegetais são atividades de elevada importância econômica e social para os Estados da região sul, a primeira, pois se caracteriza por ser geradora de resíduos, enquanto a segunda busca, nos resíduos industriais, os componentes para elaboração de substratos para plantas. O trabalho teve por objetivo, avaliar fisicamente o efeito da adição do resíduo industrial serragem wet-blue em um substrato agrícola misto. O experimento foi instalado no Laboratório de Manejo de Água e Solos (LAMAS) do IFRS- Campus Sertão. Como tratamentos, foram utilizadas misturas de RR, RR peneirado em peneira 2 mm (RRP) e Misto (substrato comercial) nas seguintes proporções 100% misto, 25%RR + 75%Misto, 50%RR + 50%Misto, 100%RR, 25%RRP + 75%Misto, 50%RRP + 50%Misto e 100% RRP . Na caracterização dos tratamentos, foram avaliados os seguintes atributos: valor de pH, densidade de substrato (Ds), porosidade total (Pt), densidade de partículas (Dp), Água Facilmente disponível (AFD), Água tamponante (AT) e Água Residual (AR). O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com 3 repetições. Fisicamente o resíduo demonstrou não possuir propriedades para uso único, porém possível quando em mistura com um substrato misto comercial. No quesito retenção de água, o resíduo mostrou seu principal diferencial, aumentando significativamente os valores de AFD. Os valores de pH encontrados mostraram ser perfeitamente possível o cultivo em substratos misturados com o resíduo.

Palavras-chave: Densidade do substrato. Água Facilmente disponível. Água tamponante. Água Residual.

## Abstract

*The material that results from the wet-blue (RR) lowering of leather, also called “leather sawdust”, comes from the leather uniformity process in the tanning industry. The leather footwear industry and the production of vegetable seedlings are activities of high economic and social importance for the states of the southern region, the first because it is characterized by being a waste generator, while the second search, in industrial waste, the components for preparation of substrates for plants. The objective of this work was to physically evaluate the effect of the addition of industrial waste wet-blue sawdust on a mixed agricultural substrate. The experiment was installed at the IFRS-Campus Sertão Water and Soil Management Laboratory (LAMAS). As treatments, mixtures of RR, 2 mm sieved RR (RRP) and Mixed (commercial substrate) were used in the following proportions: 100% mixed, 25% RR + 75% Mixed, 50% RR + 50% Mixed, 100% RR, 25% RRP + 75% Mixed, 50% RRP + 50% Mixed and 100% RRP. In the characterization of the treatments, the following attributes were evaluated: pH value, substrate density (Ds), total porosity (Pt), particle density (Dp), easily available water (AFD), buffering water (TA) and wastewater. (AIR). The experimental design was completely randomized with 3 replications. Physically the residue has been shown to have no single use properties, but possible when mixed with*

<sup>1</sup> Doutor em Produção Vegetal; Engenheiro-Agrônomo e Licenciado em Agronomia; Professor do Curso de Agronomia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, Campus Sertão; e-mail: marcio.vieira@sertao.ifrs.edu.br

<sup>2</sup> Engenheira Agrônoma na empresa Bayer Crop Science; georgia.azevedo@bayer.com

*a commercial mixed substrate. Regarding water retention, the residue showed its main differential, significantly increasing the AFD values. The pH values found proved to be perfectly possible to cultivate on substrates mixed with the residue.*

*Keywords: Substrate density. Water easily available. Buffering water. Residual water.*

Recebido em 13 de agosto de 2019

Aceito em 30 de setembro de 2019

## 1 INTRODUÇÃO

O material que resulta do rebaixamento de couro wet-blue (RR), também chamado de “serragem de couro” ou “resíduo de rebaixadeira”, vem do processo de uniformização do couro, processo extremamente necessário na indústria de curtimento. A indústria coureiro-calçadista e a produção de mudas vegetais são atividades de elevada importância econômica e social para os Estados da região sul, principalmente o Rio Grande do Sul, sendo que a primeira, se caracteriza por ser geradora de resíduos, enquanto a segunda busca, nos resíduos industriais, os componentes para elaboração de substratos para plantas.

Fermino (1996) aponta a elaboração de substratos como um mercado potencial para resíduos da agroindústria, já que podem fornecer matérias-primas para a composição desses substratos. O RR atende as várias exigências: é leve, poroso, disponível em grandes volumes, com baixo custo de aquisição e transporte. Sua principal limitação se refere ao alto teor em cromo (Cr). Entretanto, não sendo destinadas ao consumo alimentar, plantas ornamentais e florestais poderiam ser produzidas em substratos feitos com resíduos industriais, contendo eventuais níveis mais elevados de metais tóxicos. O descarte deste tipo de material no ambiente, de forma diluída, através das mudas, reduziria o risco ambiental, se comparado à concentração em grandes depósitos ou aterros inadequados.

Avaliações preliminares de amostras de RR indicaram que este resíduo apresenta alta salinidade e baixo valor de pH, condições que o tornam limitantes para ser usado puro como substrato para plantas, conforme padrões descritos por Handreck, Black (1999). Kray (2001) analisou RR, com objetivo de testar seu uso no solo a campo, e encontrou 24g de cromo por quilo de matéria seca de RR. Com base nas informações deste autor, estima-se que, ainda que fosse possível produzir mudas de plantas ornamentais com substrato 100% de RR, por exemplo, em recipientes de 216 mL de volume, e se tais mudas fossem transplantadas para o campo, em espaçamento 15 x 15cm, o aporte de cromo ao solo corresponderia a três décimos da quantidade máxima de Cr permitida pela FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUÍS ROESSLER (1997). No caso de mudas de eucalipto, produzidas em tubetes com o mesmo volume, plantadas no espaçamento de 1,5x1,5m, estariam sendo colocados, aproximadamente, 3kg de cromo/hectare (0,3% do limite permitido), descartando cerca de 125 kg do resíduo RR.

O resíduo da indústria coureira RR representa um problema para este setor devido à baixa degradabilidade, vastas e onerosas exigências para sua destinação seja ela por deposição ou descarte, por parte dos órgãos ambientais, elevado custo de reaproveitamento, portanto, encontrar um destino alternativo para este material pode solucionar esta problemática que vem desde os primórdios do curtimento de peles ao cromo. Este resíduo é um problema eminente não só pela sua inevitável geração, mas também pelo aumento da mesma que cresce conforme a expansão do mercado de couros curtidos. Seu uso como complemento para substrato de plantas ornamentais pode representar a tão buscada solução para destinação alternativa deste material.

Para Fermino (2014) as principais propriedades físicas consideradas quando da análise de um substrato são: porosidade total, espaço de aeração e disponibilidade de água (água facilmente disponível, água tamponante e água remanescente).

Neste contexto o presente trabalho, tem por objetivo, avaliar fisicamente o efeito da adição do resíduo industrial serragem wet-blue (RR) em um substrato agrícola misto.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado no Laboratório de Manejo de Água e Solos (LAMAS) do IFRS- Campus Sertão, no município de Sertão-RS. O substrato avaliado foi adquirido em um estabelecimento comercial do município de Marau-RS e o resíduo utilizado neste experimento foi obtido em um curtume do mesmo município.

Como tratamentos, foram utilizadas misturas de RR, RR peneirado em peneira 2 mm (RRP) e Misto nas seguintes proporções volumétricas 100% misto, 25% RR + 75% Misto, 50% RR + 50% Misto, 100% RR, 25%RRP + 75% Misto, 50% RRP + 50% Misto e 100% RRP. Na caracterização dos oito tratamentos (Tabela 1), foram avaliados os seguintes atributos: valor de pH, densidade de substrato (Ds), porosidade total (Pt), densidade de partículas (Dp), Água Facilmente disponível (AFD), Água tamponante (AT) e Água Residual (AR).

Tabela 1 – Misturas utilizadas no experimento

Substrato	Tipo
1	100% Misto
2	25% RR 75% Misto
3	50% RR 50%Misto
4	100% RR 0% Misto
5	25% RRP e 75% Misto
6	50% RRP e 50% Misto
7	100% RRP 0% Misto

Fonte: os autores.

O pH foi medido através do equipamento medidor de pH em amostras diluídas em água destilada como proposto por Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) (1997). Para a determinação da densidade de substrato, propriedade que é afetada pelo método de empacotamento, foi utilizada metodologia de promover a acomodação do substrato nos anéis volumétricos promovendo ciclos de umedecimento e secagem, de acordo com o preconizado por Klein et al. (2000). Um segundo anel foi colocado sobre o primeiro e ambos preenchidos de misturas e saturados com água, após foram submetidos à tensão 10 kPa, este procedimento foi repetido até que não existisse mais alteração de volume. Retirou-se o anel superior ajustando-se o substrato ao volume do anel inferior. Com este procedimento, simulam-se as condições que ocorrerão em situações naturais. Os anéis com os volumes ajustados foram novamente saturados e submetidos a diferentes tensões com a utilização de mesa de tensão. Para determinação da Pt foi utilizada metodologia preconizada pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (1997). A densidade dos sólidos foi determinada utilizando-se balão volumétrico e álcool anidro 99,5% (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 1997).

As misturas acondicionadas em cilindros com volume ajustado foram saturadas e submetidas às tensões de 1 kPa, 5 kPa e 10 kPa, com a utilização de mesa de tensão (LIBARDI, 2005). Nestes cilindros, depois de estabilizada a tensão, se determinou a umidade volumétrica ( $U_v$ ) nas três tensões. A partir dos valores de  $U_v$ , foram calculadas as variáveis AFD, AT e AR, onde o valor de AR será igual ao obtido pela  $U_v$  a 10kPa ( $U_{v_{10kPa}}$ ), AFD equivale a subtração de umidade volumétrica na tensão 1kPa pela umidade volumétrica na tensão 5kPa ( $AFD = U_{v_{1kPa}} - U_{v_{5kPa}}$ ) e o valor de AT obtém-se a partir da redução do valor da umidade volumétrica na tensão 5kPa pela umidade volumétrica em 10kPa ( $AT = U_{v_{5kPa}} - U_{v_{10kPa}}$ ).

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com 7 tratamentos (substratos e suas misturas) e 3 repetições. Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro. As Análises foram processadas por meio do programa ASSISTAT versão 7.7 beta (SILVA, AZEVEDO 2014).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de Densidade de substratos (Ds) constam na Tabela 2, sendo que os valores mais elevados foram encontrados sempre na ausência de resíduo na mistura, porém ao aumentar a proporção do mesmo, as quantidades se apresentavam em queda, comprovado isto pela baixa densidade do material quando avaliado sozinho, as médias diferiram significativamente mostrando a influência negativa da presença do RR ou RRP na mistura com o substrato comercial misto. Para Martínez (2002) recomenda-se usar substratos com densidades entre 0,50 e 0,75 g.cm<sup>-3</sup> no cultivo de recipientes a céu aberto e com até 0,15 g.cm<sup>-3</sup> de densidade quando o cultivo for realizado sob estruturas de proteção.

Segundo Carrijo e Liz, (2008) existem diferentes valores de densidade considerados ideais pra os substratos utilizados no cultivo de plantas, os valores ideais para esta variável utilizados na produção de mudas e no cultivo de plantas podem variar desde 0,10 até 1 g.cm<sup>-3</sup>. Contudo não existe um valor fixo para tal variável uma vez que esta depende do tamanho do recipiente e da forma de cultivo, porém para Schmitz, Souza e Gomes (2002) a característica de baixa densidade em um substrato pode facilitar que o conjunto recipiente/planta vire, se o cultivo for conduzido em recipientes altos causando conseqüentemente, problemas na fixação das plantas, além de que uma propriedade física como densidade ideal para tal cultivo segundo Nascimento, Alves e Gomes (2004) pode influenciar não só o desenvolvimento de mudas mas também a germinação e o estabelecimento de várias plantas.

Tabela 2 – Valores de densidade de substrato, densidade de partículas e porosidade total em função de diferentes proporções da mistura (Misto, RR e RRP)

Proporções	Ds		Dp		Pt	
	-----g.cm-3-----		-----g.cm-3-----		-----m <sup>3</sup> .m-3-----	
0%RR 100% Misto	0,4676	a	1,3172	b	0,6373	a
25%RR 75% Misto	0,4009	b	1,5636	b	0,6709	a
50%RR 50% Misto	0,3245	d	1,4786	b	0,7131	a
100%RR 0%Misto	0,1348	g	1,9023	a	0,4133	c
25%RRP 75%Misto	0,3870	c	1,3721	b	0,6682	a
50%RRP 50%Misto	0,3151	e	1,4617	b	0,7268	a
100%RRP 0%Misto	0,1852	f	2,0278	a	0,5570	b
Média	0,3164		1,5890		0,6267	
CV (%)	1,59		15,30		7,10	

Fonte: os autores.

Nota: Médias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical não diferem significativamente pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

A densidade de partículas (Dp) presente na tabela 2, onde somente diferiram significativamente os resíduos peneirados e não dos outros tratamentos que continham os mesmos misturados com misto, revelando que a mistura do material ao substrato comercial não se mostra satisfatório para esta variável, os valores sempre aumentaram quando acrescido resíduos peneirados ou não ao misto, porém o tratamento 100% misto já mostra por si só resultados satisfatórios para esta variável, pois segundo Gauland (1997) densidades inferiores a 0,4 Mg. m<sup>-3</sup> podem acarretar tombamento de recipientes.

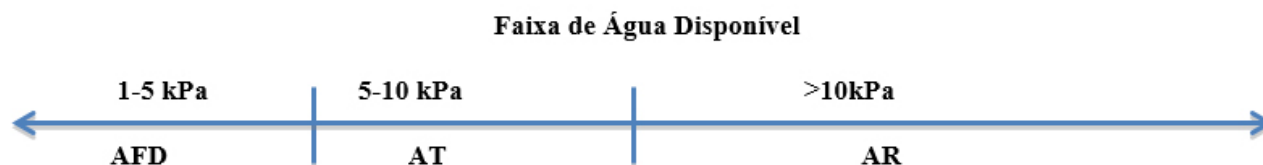
Também consta na tabela 2 o valor de Porosidade total (Pt), esta variável segundo Fonteno (1989) é o volume do meio não ocupado pela fração sólida. Nesta variável podemos observar comportamento semelhante à Dp, onde os tratamentos 100% RR e RRP diferiram significativamente entre si e também de todos demais que continham misto na mistura, ou seja, nesta variável também o acréscimo do resíduo não releva influencia, a Dp aumenta com o acréscimo de RR e RRP, porém não a ponto de significar um valor que mostre diferença estatística nem valores que atinjam o ideal indicado, onde, o percentual de 85% de porosidade total é referência para um bom desempenho de substratos utilizados na produção de plantas em recipientes (DE BOOT; VERDONCK, 1972; GRASSI FILHO; SANTOS, 2004).

Para Carrijo, Makishima e Liz (2002) um substrato utilizado no cultivo de hortaliças pode apresentar porosidade total acima de 85% do volume. Para Fermino (2014), porosidade total não é uma característica estanque e tende a sofrer

modificações ao longo do cultivo pela acomodação das partículas, podendo diminuir quando se aumenta a compactação de um dado material.

Existe uma faixa de água disponível (AD) à absorção de plantas que compreende tensões de 1 a 10 kPa, que deve contemplar segundo de Boot, Verdonck, Cappaert (1974) representar um teor de 50%, dentro desta faixa podemos encontrar três compartimentos, 1 a 5 kPa contempla a água facilmente disponível as plantas (AFD), entre 5 e 10kPa água tamponante (AT) e àquela água retida a tensões maiores que 10 kPa denominada água residual ou remanescente (AR).

Figura 1 – Esquema adaptado pelos autores de faixa de retenção e disponibilidade de água nos substratos sob diferentes tensões.



Fonte: os autores.

O conceito de água facilmente disponível em substratos é bem abordado por Bellé (1990), que apresenta vários autores com diferentes abordagens, a maioria, no entanto, concorda que, para substratos um nível de tensão de 10kPa pode ser considerado como limitante para água facilmente disponível as plantas.

Em relação ao volume de água retida pelos substratos em diferentes tensões, observa-se grande diferença entre substratos. O volume de água retido nas diferentes tensões consta na tabela três, a seguir, refletindo as variáveis AFD, AT e AR.

A Água Facilmente Disponível mostrou-se influenciada positivamente pela adição do resíduo RR e RRP, o menor valor foi encontrado no tratamento em que o misto foi avaliado unicamente, e o maior naquele que contempla 50% RRP e 50% Misto, porém em todos tratamentos em que houve adição de resíduo o valor para esta variável aumentou significativamente.

Os tratamentos 50% RR e 50% Misto, 50% RRP e 50% Misto e 100% RRP revelaram valores satisfatórios para esta variável, pois segundo Fermino (2014) o percentual de água facilmente disponível em substratos deve ser de 20 a 30%, e conforme Klein et al. (2000) o importante para o bom desenvolvimento das plantas é a água facilmente disponível.

Tabela 3 – Valores de água facilmente disponível, água tamponante e água remanescente em função de diferentes proporções de mistura (Misto, RR e RRP)

Substrato	AFD		AT		AR	
	-----%					
0%RR 100% Misto	11,96	c	0,93	a	43,16	a
25%RR 75% Misto	17,00	b	1,05	a	39,12	b
50%RR 50% Misto	24,76	a	1,34	a	34,44	c
100%RR 0%Misto	12,56	c	1,53	a	19,36	d
25%RRP 75%Misto	16,87	b	0,89	a	38,68	b
50%RRP 50%Misto	25,40	a	1,34	a	35,56	c
100%RRP 0%Misto	20,33	a	1,99	a	19,91	d
Média	18,41		1,29		32,89	
CV (%)	15,77		26,92		4,90	

Fonte: os autores.

Nota: Médias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical não diferem significativamente pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

Para De Boot e Verdonck (1972) e Haynes e Gohg (1978) água tamponante (AT) é o volume de água liberado entre 50 e 100 cm de tensão estimando-se que 4 a 10% seja um valor referencia, não havendo resultados na tabela três dentro desta faixa, revelando que não será possível um suprimento hídrico as plantas neles estabelecidas caso haja

stress hídrico. Para os mesmo autores citados por Azevedo, Tortelli e Vieira (2014) o volume de água liberado acima destas tensões, ou seja, água residual ou remanescente (AR), são considerados água dificilmente disponível, portanto desconsiderada, e neste caso não levar-se a em conta os teores de AR.

O valor de pH é definido como sendo a atividade do íon hidrogênio, expressa como logaritmo negativo da sua concentração e determina a acidez relativo de um meio. É o critério químico de maior importância para o desenvolvimento da planta, devido ao seu efeito direto na disponibilidade de nutrientes, particularmente dos micronutrientes (WALLER; WILSON, 1984).

Valores inadequados de pH podem afetar o desenvolvimento das plantas, principalmente sob acidez excessiva. Plantas cultivadas em ambientes ácidos têm quantidades menores de nutrientes à sua disposição por ficarem sujeitas a maior absorção de elementos tóxicos como alumínio e manganês. No entanto, as espécies apresentam diferenças genéticas que lhes conferem graus de sensibilidade diferentes para o mesmo valor de pH.

Quanto ao valor de pH natural, demonstrado na tabela 4, os resíduos RR e RRP mostraram reação ácida, não diferindo entre si estatisticamente, os maiores valores foram encontrados nos tratamentos de misto e RR aumentando o valor da variável com o aumento da proporção de resíduo na mistura diferindo significativamente daquelas misturas onde o substrato misto foi adicionado ao resíduo peneirado, que por sua vez apresentaram valores menores.

Todos os tratamentos onde houve mistura e também naquele onde o misto foi testado em uso sozinho mostraram valores de pH compatíveis com os necessários para cultivo, não havendo necessidade de um agente tamponante, pois com o pH na faixa de 5,0 e 6,0, a maioria dos nutrientes são facilmente assimiláveis pelas plantas. Estando o pH abaixo de 5,0, plântulas de hortaliças podem manifestar sintomas de deficiência de alguns nutrientes, entre eles: N, K, Ca, Mg e B.

Tabela 4 – Valores de pH em função de diferentes proporções de mistura (Misto, RR e RRP)

Substrato	pH	
0%RR 100% Misto	5,95	a
25%RR 75% Misto	6,08	a
50%RR 50% Misto	6,16	a
100%RR 0%Misto	3,88	d
25%RRP 75%Misto	5,01	c
50%RRP 50%Misto	5,31	b
100%RRP 0%Misto	3,84	d
Média	5,17	
CV (%)	2,45	

Fonte: os autores.

Nota: Médias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical não diferem significativamente pelo teste de Scott Knott a 5% de significância.

Acima de 6,5 é possível que a assimilação de P, Fe, Mn, B, Zn e Cu seja menor (ABAD; NOGUEIRA, 2004). Ainda, segundo esses mesmos autores, os óxidos metálicos de Fe, Mn, cu, Zn e outros, se mantêm solúveis quando o pH é menor que 5,0 podendo, em função da concentração, tornarem-se fitotóxicos.

## 4 CONCLUSÕES

Avaliado fisicamente o resíduo demonstrou não possuir propriedades para seu uso único, porém se demonstrou adequado quando em mistura com um substrato misto comercial.

Para densidade de partículas o aumento da proporção de RR e RRP não elevaram os valores suficientemente da variável, assim como ocorreu em porosidade total, a ponto de os mesmos chegarem ao ideal para o cultivo.

Nos quesitos retenção de água, o resíduo mostrou seu principal diferencial, aumentando significativamente os valores de AFD.

A AR teve seu conteúdo reduzido com a adição de RR e RRP.

Os valores de pH encontrados mostraram ser perfeitamente possível o cultivo em substratos misturados com o resíduo.



São indicados novos estudos para esse tema, envolvendo, entre outros aspectos, análises químicas da solução que será percolada durante o cultivo, com vistas a avaliar seu risco ambiental na área de produção.

Tendo em vista as características do resíduo, sugere-se que os testes sejam realizados com espécies ornamentais e/ou florestais, que tenham tolerância à salinidade e afinidade a substratos com baixa densidade e alta porosidade.

## REFERÊNCIAS

- ABAD, M.; NOGUEIRA, P. Substratos para el cultivo sin suelo y fertirrigacion. In: CANAHÍA, C. (Coord.). **Fertirrigacion: cultivos horticolas y ornamentals**. Madrid: Mundi-Prensa, 1998.
- AZEVEDO, G.; TORTELLI, G. M.; VIEIRA, M. L. Discriminação e análise físico-hídrica de substratos comerciais para uso agrícola. **Livro de Resumos da X Reunião Sul-Brasileira de Ciência do Solo**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – NRS, Pelotas, 2014.
- BELLÉ, S. **Uso da turfa “Lagoa dos Patos” (Viamão/RS) como substrato hortícola**. Porto Alegre, 1990. 143p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, UFRGS, 1990.
- CARRIJO, O. A.; LIZ, R.S. **Substratos para produção de mudas e cultivo de hortaliças**. Brasília: Embrapa, 2008. 83p.
- CARRIJO, O. A.; MAKISHIMA, N.; LIZ, R.S. Fibra da casca de coco verde como substrato agrícola. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 20, p. 533-535, 2002.
- DE BOOT, M.; VERDONCK, O.; CAPPAERT, I. Method for measuring the water release curve of organic substrates. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 37, p. 2054-2062, 1974.
- DE BOOT, M.; VERDONCK, O. The physical properties of the substrates in horticulture. **Acta Horticulturae**, The Hague, v.26, p. 37-44, 1972.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: 1997 212 p.
- FERMINO, M. H. **Aproveitamento de resíduos industriais e agrícolas como alternativas de substratos hortícolas**. 1996. 90f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- FERMINO, Maria H. **Substratos: Composição, caracterização e métodos de análise**. Guaíba: Agro Livros, 2014. 111p.
- FONTENO, W.C. An approach to modeling air and water status of horticultural substrates. **Acta Hort**. Leuven, n. 238, p. 67-74. 1989.
- FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUÍS ROESSLER. **Efluentes líquidos industriais: cargas poluidoras lançadas nos corpos hídricos do Estado Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: FEPAM, 1997. 151 p.
- GAULAND, D. C. **Relações hídricas em substratos à base de turfas sob o uso de condicionadores casca de arroz carbonizada ou queimada**. Dissertação (Mestrado em Solos) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: UFRGS, 1997.
- GRASSI FILHO, H.; SANTOS, C.H. Importância da relação entre fatores hídricos e fisiológicos no desenvolvimento de plantas cultivadas em substratos. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE SUBSTRATOS PARA PLANTAS, 4., 2004, Viçosa, UFV.
- HANDRECK, K.; BLACK, N. **Growing media for ornamental plants and turf**. Sydney: UNSWP, 1999. 448p.
- KLEIN, V. A., *et al*. Propriedades físico-hídricas de substratos hortícolas comerciais. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 6, n. 3, 2000. p. 218-221.

KRAY, C. H. **Efeitos da aplicação e da reaplicação de resíduos carbonífero e de curtume no solo e nas plantas**. 2001. 90f. Dissertação (Mestrado em Fertilidade do Solo) – Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

LIBARDI, P. L. **Dinâmica da água no solo**. Piracicaba: Edusp, 2005. 335 p.

MARTÍNEZ, P. F. Manejo de substratos para horticultura. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE SUBSTRATOS PARA PLANTAS, Campinas: IAC, 2002. 53 p.

NASCIMENTO, W. M.; ALVES, M. S. S.; GOMES, E. M. L. Produção de mudas de cucurbitáceas em diferentes substratos. *In*: ENCONTRO NACIONAL PARA SUBSTRATOS PARA PLANTAS, 4., 2004, Viçosa, MG. **Nutrição e adubação de plantas cultivadas em substrato**. Viçosa: UFV, 2004. 406 p.

SCHMITZ, J. A. K.; SOUZA, P. V. D.; KAMPF, N. A. Propriedades químicas e físicas de substratos de origem mineral e orgânica para o cultivo de mudas em recipientes. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, p. 937-944, 2002.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. de. **Assistência estatística – ASSISTAT versão 7.7 beta**. Departamento de Engenharia Agrícola do CTRN, Universidade Federal de Campina Grande – Campus de Campina Grande – PB. Disponível em: <http://www.assistat.com/indexp.html>. Acesso em: 10 abr. 2014.

WALLER, P. L.; WILSON, F.N. Evaluation of growing media for consumer use. **Acta Horticulturae**, Leuven, n.150, p. 51-58, 1984.