http://journal.unoeste.br/index.php/ca/index
DOI: 10.5747/ca.2019.v15.n2.a291
ISSN on-line 1809-8215

Colloquium Agrariae

Submetido: 08/10/2018 Revisado: 04/04/2019 Aceito: 14/04/2019

Qualidade de mudas de Pau-d'alho sob diferentes doses e frequências de aplicação de nutrientes

Grasiela Spada, Gláucia Uesugi, Rafael Barroca Silva, Magali Ribeiro da Silva

Universidade Estadual Paulista – UNESP, Programa de Pós-graduação em Ciência Florestal, Botucatu, SP. E-mail: gra_spada@hotmail.com

Resumo
O trabalho teve como objetivo estudar como a dose e a frequência da fertirrigação influenciam o desenvolvimento de mudas de *Gallesia integrifolia*, por meio de variáveis morfofisiológicas. A pesquisa foi realizada no Viveiro de Produção de Mudas Florestais da FCA/UNESP. Foram desenvolvidos dois experimentos com a espécie, no primeiro ensaio testou-se o parcelamento da fertirrigação em três frequências de aplicação da solução nutritiva (F1 - uma vez na semana, F2 - duas vezes na semana e F15– a cada 15 dias), e no segundo ensaio foram estudadas três doses de solução nutritiva (DP – dose padrão, DP+50% – dose 50% superior a padrão e DP+100% - 100% superior a padrão). Ao final do experimento foram avaliados: altura da parte aérea, diâmetro do colo, massas secas da parte aérea, radicular e total, índice de Qualidade de Dickson (IQD), conformação do sistema radicular, área foliar, transpiração e o índice de cor verde. Todas as variáveis morfológicas analisadas foram influenciadas pela frequência de aplicação da solução nutritiva, exceto o diâmetro do colo e o IQD. Não houve diferença estatística para as variáveis diâmetro do colo, massa seca total e IQD no experimento com doses. Mudas de maior qualidade de *Gallesia integrifolia* foram obtidas em uma dose padrão fornecida de forma mais fracionada.
Palavras-chave: fertirrigação; *Gallesia integrifolia;* solução nutritiva.

Quality of Pau d'alho seedlings under different doses and frequencies of nutrient application

Abstract
The current study has as a goal how the dose and the frequency of fertirrigation influence the development of *Gallesia integrifolia* seedlings by means of morphophysiological variables. The research was carried out at the FCA/UNESP Forest Seedling Production Nursery. Two experiments were carried out with the species, in the first trial three application frequencies of the nutrient solution were tested (F1 - once a week, F2 - twice a week and F15- every 15 days), and in the second trial three doses of nutrient solution (DP - standard dose, D50 - dose 50% higher than standard and D100 - 100% higher than standard). At the end of the experiment, shoot height, shoot diameter, shoot dry mass, root and total mass, index of Dickson's Quality (IQD), root system conformation, leaf area, transpiration, and green color index were evaluated. All analyzed morphological variables were influenced by the frequency of application of the nutrient solution, except for the collar diameter and the IQD. There was no statistical difference for the variables collar diameter, total dry mass and IQD in the dose experiment. Improved quality of seedlings of *Gallesia integrifolia* were obtained in a standard dose applied in a more fractional way.
Keywords: fertirrigation; *Gallesia integrifolia*; nutritive solution.

Introdução

A produtividade dos reflorestamentos comerciais está relacionada em parte com a qualidade da muda produzida no viveiro, cujos manejos aplicados como nutrição, irrigação, substrato e recipiente influenciam diretamente.

A fertilização é importante para a obtenção de mudas vigorosas, rústicas e bem nutridas para superar o estresse pós-plantio (VALERI; CORRADINI, 2015), pois a nutrição adequada é associada à melhoria da tolerância à seca, resistência ao frio, sobrevivência, vantagem

competitiva, crescimento e redução do choque pós-plantio (JACKSON *et al.*, 2012).

A fertirrigação é uma das maneiras mais eficientes e econômicas de aplicação dos fertilizantes, pois é feita junto com a água para irrigação, o que pode facilitar o manejo da adubação quanto às doses e à frequência de aplicação. Ciavatta *et al.* (2014) afirmaram que uma das grandes vantagens deste sistema é poder aumentar a frequência de fertilização, usando soluções com baixa concentração. Entretanto, eles ainda ressaltam que apesar de haver um consenso de que haja maior eficácia na maior frequência de fertirrigação usando soluções mais diluídas, mais pesquisas devem ser realizadas para que se possa fazer generalizações mais assertivas.

Uliana *et al.* (2014) verificaram que a frequência de fertirrigação (a cada 0, 7, 14 e 21 dias) não influenciou o desenvolvimento de mudas de angico vermelho (*Anadenanthera macrocarpa*) em diferentes composições de substrato. Já mudas de *Peltophorum dubium* apresentaram melhor desenvolvimento quando submetidas à frequência de fertirrigação de duas e três vezes por dia, aplicadas duas vezes por semana (SILVA, 2018).

Na produção de mudas florestais, há poucas pesquisas sobre nutrição, principalmente das espécies em que não há apelo comercial, o que pode ser um dos motivos que levam os viveiristas brasileiros a não planejar o manejo de adubação por espécie ou por grupo de espécies que tenham requerimentos nutricionais semelhantes.

Gallesia integrifolia (Spreng.) Harms é conhecida popularmente como pau d'alho ou ibirarema, pertence à família Phytolaccaceae, de porte arbóreo e é nativa da América do Sul, ocorrendo, no Brasil, nos biomas Mata Atlântica, Amazônia, Cerrado e Caatinga (MARCHIORETTO, 2019). É característica das florestas semidecíduas na Bacia do Rio Paraná, considerada espécie de crescimento rápido, indicadora de solos de alta fertilidade (LORENZI, 2014), sendo recomendada na recuperação de áreas degradadas, principalmente de locais encharcados e matas ciliares (CARVALHO, 2003).

Suas flores atraem abelhas e diversos insetos pequenos, e a casca serve de alimento para pacas (CARVALHO, 2003). As partes ocas dos troncos das árvores adultas servem de abrigo para morcegos (DUKE, 2009). Além disso, a planta possui propriedades medicinais, como antioxidante (DUKE, 2009) e fungicida (RAIMUNDO *et al.*, 2018).

Com o advento da Lei n. 12651/2012, conhecida como Novo Código Florestal Brasileiro, estima-se que aproximadamente 12,5 milhões de hectares de vegetação nativa deverão ser restaurados no país ao longo dos próximos vinte anos (DALDEGAN; SAMBUICHI, 2017). Isso estimula a maior produção e diversidade de mudas nos viveiros florestais, se tornando cada vez mais importante considerar as demandas nutricionais de cada espécie para uma gestão mais eficiente dos recursos.

Desta forma, o trabalho teve como objetivo estudar como a dose e o parcelamento da fertirrigação influenciam o desenvolvimento de mudas de *Gallesia integrifolia* (Spreng.) Harms.

Material e Métodos

Foram desenvolvidos dois experimentos no Viveiro de Produção de Mudas Florestais da Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA) da UNESP, no município de Botucatu-SP, durante os meses de março a junho de 2015.

Para ambos os experimentos, as sementes foram semeadas na casa de sombra, em tubetes de 120 cm^3, preenchidos com substrato comercial composto por: casca de arroz carbonizada, vermiculita, casca de pinus e fibra de coco. Este substrato apresentou porosidade total de 79,4%, sendo 50,4% de micro e 29,0% de macroporosidade, conforme metodologia desenvolvida por Carvalho e Silva (1992) e descrita por Silva (1998). Os tubetes foram dispostos em bandejas com capacidade para 108 células.

Os tratamentos foram iniciados quando as mudas foram transferidas para canteiros suspensos tipo minitúnel com cobertura plástica. O espaçamento entre as mudas foi aumentado (ocupação de 50% da bandeja, correspondendo a 216 mudas por m^2) e a irrigação foi feita por microaspersores do grupo modular, instalados a cada 1 m de distância com vazão de 105 L h^{-1} sob pressão de 2 bar, cuja lâmina aplicada foi de 12 mm, dividida duas vezes por dia.

O delineamento experimental adotado para os dois experimentos foi o inteiramente casualizado, utilizando 40 mudas por tratamento, o qual cada uma foi considerada uma repetição.

No experimento 1 testou-se o parcelamento da solução de fertirrigação, resultando em três tratamentos: F1) uma vez por

semana; F2) duas vezes por semana, com intervalo de três a quatro dias entre as fertirrigações e F15) a cada 15 dias. A quantidade de nutrientes aplicado foi idêntica para os três tratamentos, ou seja, o total aplicado no F15 foi parcelado em duas (F1) e quatro vezes (F2) (Tabela 1).

No experimento 2, testou-se três doses de solução nutritiva, aplicadas uma vez por semana, sendo: DP - solução padrão; DP50 - solução 50% superior a padrão e DP100 - solução 100% superior a padrão.

A solução padrão utilizada no viveiro foi a referência para calcular as concentrações de nutrientes dos tratamentos de frequências (F1 e F2) e doses (DP+50% e DP+100%) (Tabela 1).

O sistema de fertirrigação adotado nos dois experimentos foi por capilaridade para garantir uma maior homogeneidade de aplicação da solução nutritiva. Para isso, foi utilizado um tanque com capacidade de 36 L, o qual foi preenchido com as soluções nutritivas dos respectivos tratamentos. As mudas foram alocadas neste tanque e deixadas até o total umedecimento do substrato, aproximadamente 10 minutos.

As fontes de nutrientes utilizadas foram: nitrato de cálcio (15,0% de N e 20,0% de Ca); ureia (45,0% de N); monoamoniofosfato (MAP) purificado (60,0% de P_2O_5 e 12,0% de N); cloreto de potássio (60,0% K_2O); sulfato de magnésio (9,5% de Mg e 13,0% de S). A solução de micronutrientes foi constituída por: ácido bórico (17,0% de B); sulfato de manganês (26,0% de Mn; 11,0% de S); sulfato de zinco (20,0% de Zn e 9,0% de S); sulfato de cobre (18,0% de S e 13,0% de Cu); molibdato de sódio (39,0% de Mo); e Ferro (Fe 13,0%). As adubações de rustificação foram realizadas com cloreto de potássio.

Tabela 1. Concentração de nutrientes utilizados nas soluções nutritivas nos experimentos de frequência e doses de aplicação.

Solução nutritiva (mg L^{-1})						
Fase de crescimento						
	Experimento 1: frequência			Experimento 2: doses		
Nutriente	F1	F2	F15	DP	DP+50%	DP+100%
N	380,00	190,00	760,00	760,00	1140,00	1520,00
P	131,00	65,50	262,00	262,00	393,00	524,00
K	249,00	124,50	498,00	498,00	747,00	996,00
Ca	200,00	100,00	400,00	400,00	600,00	800,00
Mg	47,500	23,75	95,00	95,00	142,50	190,00
S	65,58	32,79	131,16	131,16	196,74	262,32
Fe	4,06	2,03	8,12	8,12	12,18	16,24
Mn	0,78	0,39	1,56	1,56	2,34	3,12
Cu	0,08	0,04	0,16	0,16	0,24	0,32
B	1,14	0,57	2,29	2,29	3,44	4,58
Zn	0,30	0,15	0,60	0,60	0,90	1,20
Mo	0,08	0,04	0,16	0,16	0,24	0,32
Fase de rustificação						
K	795,00	397,50	1590,00	1590,00	2385,00	3180,00

Foram coletados dados do pH e da condutividade elétrica das soluções nutritivas aplicadas, de acordo com a Tabela 2.

Tabela 2. Valores de condutividade elétrica (CE) e pH dos experimentos de frequência e doses de aplicação de solução nutritiva nas fases de crescimento e rustificação.

Tratamentos	Fase de crescimento		Fase de rustificação	
	pH	CE (dS m^{-1})	pH	CE (dS m^{-1})
F1	5,82	1,42	6,84	1,69
F2	6,11	0,89	6,83	0,92
F15	5,43	1,98	6,81	2,39
D0	5,43	1,98	6,81	2,39
D50	5,15	2,81	6,84	3,49
D100	4,79	4,02	6,89	4,58

Com o objetivo de verificar por quantos dias os efeitos da fertirrigação persistiam nos substratos após a aplicação das soluções nutritivas, foram coletados os valores de condutividade elétrica dos lixiviados dos tubetes diariamente até ficarem semelhantes à condutividade da água de irrigação (0,08 mS cm^{-1}). Para isso, no início da manhã, as mudas foram ensacadas e presas com um elástico pelo tubete e após a segunda irrigação do dia, o lixiviado era coletado e aferido.

As avaliações finais ocorreram quando as mudas apresentaram ao menos um dos atributos de qualidade adequados para plantio em campo, sendo a altura mínima de 22 cm e diâmetro de colo mínimo de 3 mm, conforme Fonseca *et al.* (2002).

Ao final do experimento foram avaliadas as seguintes variáveis morfológicas: altura da parte aérea, diâmetro do colo, massas secas da parte aérea, radicular e total, índice de qualidade de Dickson (IQD) (DICKSON *et al.*, 1960), conformação do sistema radicular por meio de uma escala de notas (SILVA *et al.*, 2012) e área foliar utilizando o medidor Area Meter (Modelo LICOR LI-3000). Para as avaliações fisiológicas, foram analisadas a transpiração, por meio do método de pesagem, conforme descrito por Silva (2003) e o índice de cor verde, medido através de um clorofilômetro portátil denominado SPAD-502, que mede de forma indireta o teor de clorofila nas folhas (MINOLTA, 1989). Para avaliar altura da parte aérea, diâmetro do colo, conformação do sistema radicular e o índice de cor verde, todas as plantas foram consideradas. Para as massas secas, área foliar e IQD, foram consideradas 16 mudas.

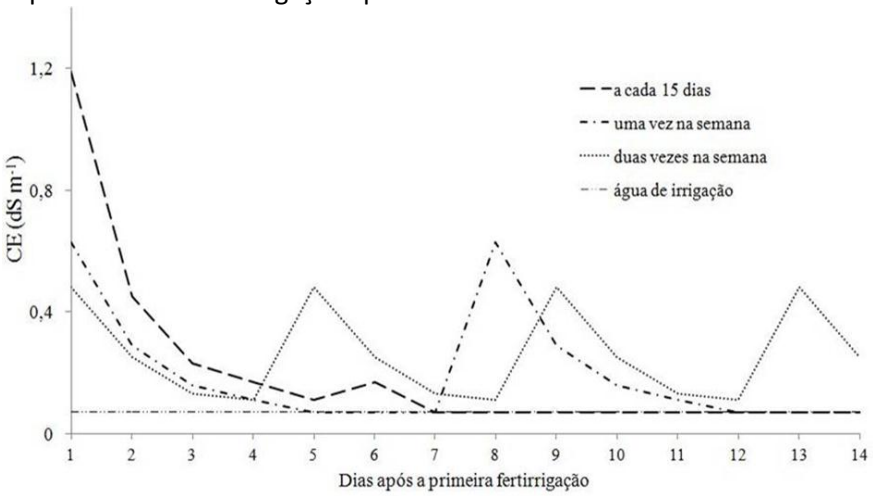
Os dados foram analisados no programa Statistica 8.0 e submetidos ao teste de Shapiro-Wilk, a fim de verificar o pressuposto de normalidade e, posteriormente, aplicou-se a Análise de Variância (ANOVA) e o teste Tukey a 5% de probabilidade para comparação das médias.

Resultados e Discussão

Experimento de frequência de aplicação de solução nutritiva

A análise diária da condutividade elétrica do lixiviado foi diferente de acordo com as frequências aplicadas (Figura 1). Na fertirrigação quinzenal (F15), cuja condutividade elétrica da solução nutritiva era a mais alta dentre os tratamentos (1,98 dS m^{-1}), observou-se que a perda de nutrientes foi rápida, atingindo valores de condutividade elétrica do lixiviado próximos aos das outras frequências no quarto dia após a fertirrigação. Neste tratamento, as mudas ficavam por sete dias sem os efeitos da adubação. Na frequência semanal (F1), as mudas permaneceram por dois dias com a condutividade elétrica semelhante à da água até que ocorresse a próxima adubação. Já na frequência de duas vezes por semana (F2), a condutividade elétrica não atingiu o mesmo valor da água de irrigação, uma vez que a cada três ou quatro dias, uma nova fertirrigação foi realizada.

Figura 1. Condutividade elétrica (CE) do lixiviado dos tubetes durante um ciclo quinzenal dos tratamentos. Os picos maiores representam as fertirrigações periódicas dos tratamentos.



Como os nutrientes das soluções nutritivas aplicadas são sais que conduzem carga elétrica, isso significa que no tratamento F2, o suprimento de nutrientes para as plantas foi mais constante, apesar de mais diluído do que F1 e F15.

Oliveira *et al.* (2013) e Sá *et al.* (2013) afirmaram que o uso de fertirrigação menos concentrada e, consequentemente, com menor condutividade elétrica favorece a absorção de nutrientes pelas plantas. Além disso, Hou *et al.* (2009) afirmaram que o fracionamento da fertirrigação aumenta a eficiência de absorção e o uso dos nutrientes pelas plantas. Isso se refletiu no maior desenvolvimento das mudas de pau-d'alho nos tratamentos de maior frequência de fertirrigação, principalmente em matéria seca e área foliar (Tabela 3).

Todas as variáveis morfológicas analisadas foram influenciadas pela frequência de aplicação da solução nutritiva, exceto o diâmetro do colo e o IQD. Destaca-se que as mudas submetidas à F2 (mais frequente e menos concentrada) tiveram maiores valores para as variáveis, embora semelhantes às mudas em F1 para altura, e às mudas de F15 para MSPR e MST.

Tabela 3. Avaliação das variáveis morfológicas das mudas de *Gallesia integrifolia*, ao final do experimento, em função da frequência de aplicação dos tratamentos.

Trat.	Altura (cm)	Diâmetro (mm)	MSPA (g)	MSPR (g)	MST (g)	AF (cm^2)	IQD
F1	20,9 a*	5,79 a	1,90 c	0,93 b	2,88 b	190,40 b	0,58 a
F2	21,6 a	5,92 a	3,11 a	1,25 a	4,24 a	252,82 a	0,66 a
F15	18,5 b	5,62 a	2,62 b	1,19 a	3,77 a	187,42 b	0,66 a
CV (%)	13,30	12,10	16,80	19,53	15,27	17,58	29,8

*Médias seguidas de letras iguais na mesma coluna não diferem pelo Teste Tukey, ao nível de 5% de significância.
F1: fertirrigação 1 vez por semana; F2: fertirrigação 2 vezes por semana; F15: fertirrigação a cada 15 dias; MSPA: massa seca da parte aérea; MSPR: massa seca da parte radicular; MST: massa seca total; AF: área foliar; IQD: índice de qualidade de Dickson.

De acordo com Carvalho (2003), o pau-d'alho é indicador de solos de elevada fertilidade química. Isso pode estar relacionado a um fornecimento constante de nutrientes à planta. Talvez por isso as plantas cultivadas sob frequência maior (ainda que menos concentrada) tenham obtido resultados superiores de variáveis morfológicas.

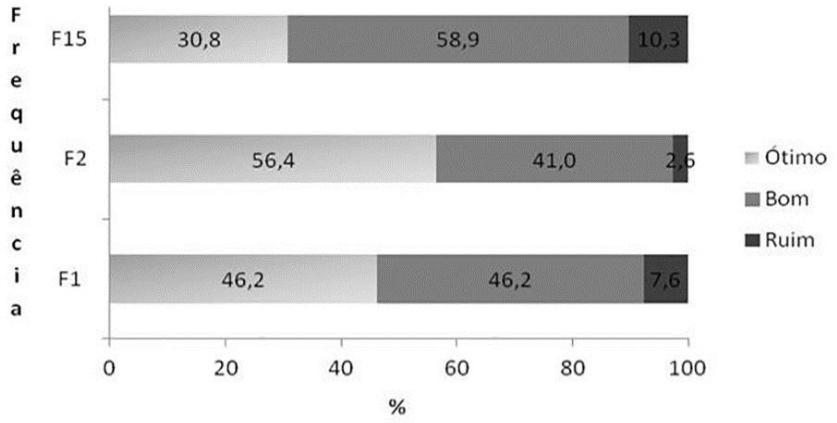
As espécies pioneiras, como o pau-d'alho, têm seu potencial de crescimento restringido quando se desenvolvem em solos pobres, ao passo que com o avanço do grupo sucessional o estímulo ao crescimento proporcionado pela

adubação é menos pronunciado (SANTOS *et al.*, 2008).

Moraes Neto *et al.* (2003), testando doses e fontes de adubo no desenvolvimento de diversas mudas de espécies nativas, dentre elas o pau-d'alho, concluíram que doses maiores de adubo de liberação lenta promoveram mudas com maior desenvolvimento.

Apesar de não haver diferença de massa seca da parte radicular entre F2 e F15, o tratamento F2 apresentou 56,4 % das plantas com nota "ótima" da conformação do sistema radicular e 41,0% receberam a nota "boa", perfazendo 97,4% de plantas aptas para o plantio em campo (Figura 2).

Figura 2. Conformação do sistema radicular das mudas de *Gallesia integrifolia* em função das frequências de fertirrigação, ao final do experimento.



A conformação do sistema radicular está relacionada com abundância de raízes finas distribuídas ao longo do volume do tubete e sua agregação ao substrato, promovendo maior estruturação do torrão (DELGADO *et al.*, 2017). Isso é imprescindível para reduzir a chance de danos mecânicos na operação de plantio e favorecer o estabelecimento inicial da muda no campo.

Os tratamentos F1 e F15 obtiveram 7,6 e 10,3 %, respectivamente, de mudas inaptas para o plantio, o que demandaria mais tempo de viveiro, elevando o custo de produção da muda.

Quanto às variáveis fisiológicas, os maiores valores do índice de cor verde foram observados nos tratamentos de menores frequências de fertirrigação (F15 e F1) (Tabela 4). Nestes tratamentos, tanto as áreas foliares como as massas secas da parte aérea foram menores, o que provavelmente levou ao efeito de concentração, ou seja, houve maior quantidade de clorofila por área foliar, o que refletiu no aumento do índice. Beard (1973) verificou, em gramíneas, que quando a taxa de crescimento foi muito alta, o índice de cor verde pode ser reduzido ou não haver resposta, o que pode provocar a redução da concentração de clorofila pelo efeito de diluição, mesmo resultado observado por Argenta *et al.* (2001).

Tabela 4. Avaliação das variáveis fisiológicas das mudas de *Gallesia integrifolia*, ao final do experimento, em função da frequência de aplicação dos tratamentos.

Trat.	Índice de cor verde	Transpiração (mg m^{-2} s^{-1})
F1	33,8 ab*	14,55 a
F2	31,6 b	14,88 a
F15	35,4 a	14,16 a
CV (%)	13,95	22,82

*Médias seguidas de letras iguais na mesma coluna não diferem pelo Teste Tukey, ao nível de 5% de significância.
F1: fertirrigação 1 vez por semana; F2: fertirrigação 2 vezes por semana; F15: fertirrigação a cada 15 dias.

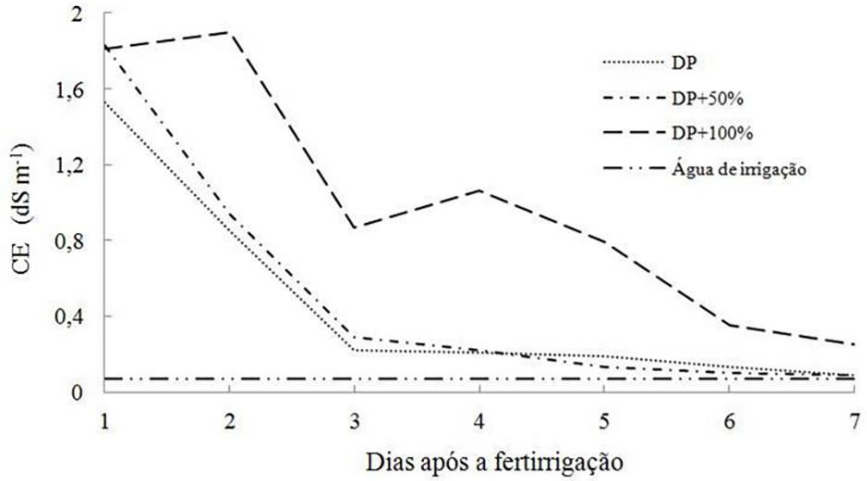
Quanto à transpiração, os tratamentos não diferiram entre si (Tabela 4), apesar da área foliar das mudas de F2 ser aproximadamente 60 cm^2 maior em relação aos outros tratamentos. Embora F2 fosse o tratamento menos concentrado por aplicação, a maior frequência de fertirrigação possibilitou o fornecimento mais constante de nutrientes às mudas, favorecendo o desenvolvimento da área foliar. Provavelmente, a transpiração não diferiu devido à adubação com KCl realizada no final do ciclo de produção das mudas, pois os íons potássio são responsáveis pela abertura e fechamento dos estômatos (SALISBURY; ROSS, 2012), levando a uma regulação da perda de água da planta pela transpiração mais eficiente.

Em viveiros florestais, esse tipo de manejo é conhecido como adubação de rustificação e tem o objetivo de promover a resistência das mudas ao estresse provocado pelas atividades de plantio como falta de água, retirada dos tubetes e transporte (D'ÁVILA *et al.*, 2011) e assim aumentar a sua porcentagem de sobrevivência quando plantada no campo.

Experimento de doses de solução nutritiva

Houve redução dos valores de condutividade elétrica dos lixiviados ao longo dos dias após a fertilização. No tratamento DP +100%, no entanto, devido à maior concentração de sais, a redução foi menos acentuada, permanecendo, ao longo da semana, com valores ligeiramente maiores que as doses menores (Figura 3). Por sua vez, a dose padrão (DP) e a dose 50% mais concentrada (DP+50%) tiveram uma redução acentuada já nos primeiros três dias após a fertirrigação, atingindo o valor de aproximadamente 0,3 dS m^{-1}.

Figura 3. Condutividade elétrica do lixiviado dos tubetes durante um ciclo semanal de fertirrigação.



Não houve diferença estatística para as variáveis diâmetro do colo, massa seca total e IQD, sendo que esse resultado foi observado no experimento de frequências de aplicação de solução nutritiva para diâmetro e IQD (Tabela 5).

Tabela 5. Média das variáveis morfológicas das mudas de *Gallesia integrifolia* em função das doses de solução nutritiva aplicadas, ao final do experimento.

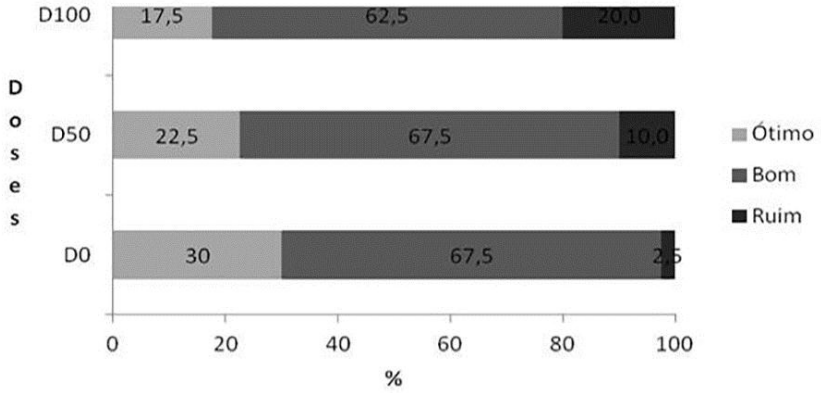
Trat.	Altura (cm)	Diâmetro (mm)	MSPA (g)	MSPR (g)	MST (g)	AF (cm^2)	IQD
DP	21,3 b*	6,15 a	2,98 a	1,04 a	3,85 a	273,80 b	0,68 a
DP+50%	22,9 ab	5,99 a	2,34 b	0,74 b	3,37 a	271,64 b	0,56 a
DP+100%	23,6 a	5,90 a	3,04 a	0,85 b	3,92 a	358,05 a	0,69 a
CV (%)	17,03	16,01	20,78	19,08	20,44	23,47	34,6

*Médias seguidas de letras iguais na mesma coluna não diferem pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.
DP: adubação padrão; DP+50%: adubação 50% mais concentrada; DP+100%: adubação 100% mais concentrada; MSPA: massa seca da parte aérea; MSPR: massa seca da parte radicular; MST: massa seca total; AF: área foliar

As mudas das doses DP+50% e DP+100% tiveram altura superior em relação àquelas da dose padrão. O tratamento com maior dose também promoveu maior área foliar, sendo 31% superior do que as demais doses. Níveis crescentes de aplicação de nutrientes favorecem o crescimento de parte aérea de plantas (JACKSON *et al.*, 2012)

As doses mais elevadas resultaram em redução da MSPR e maior porcentagem de mudas com conformação do sistema radicular "ruim" (inaptas para o plantio) (Figura 4). Isso pode estar relacionado com valores mais altos de condutividade elétrica das soluções nutritivas e a sua forma de aplicação (fertirrigação por capilaridade), que expôs as raízes ao contato direto com os fertilizantes solubilizados na água.

Figura 4. Conformação do sistema radicular das mudas de *Gallesia integrifolia* em função dos tratamentos, ao final do experimento.



Jacobs e Timmer (2005) relataram que, dependendo da espécie, da idade do sistema radicular e da umidade do substrato, o aumento da condutividade elétrica pode limitar o crescimento do sistema radicular e a absorção de água e nutrientes, devido à redução do potencial osmótico do substrato e à toxicidade específica de alguns íons para as raízes. A condutividade elétrica reflete a concentração total de íons na solução nutritiva, sendo que a mesma afeta a absorção de nutrientes, o crescimento da planta e a produtividade (CHANG *et al.*, 2011). Na espécie em estudo, esse menor crescimento radicular, inclusive das raízes finas (que promovem a agregação do substrato), pode ser responsável pela maior porcentagem de mudas com conformação do sistema radicular ruim. Croser *et al.* (2011) relataram redução de raízes laterais de coníferas quando a condutividade elétrica da solução nutritiva foi superior a 2 dS m^{-1}.

Além disso, em estudo realizado com a espécie *Leucaena leucocephala*, Dantas *et al.* (2016) encontraram redução na massa seca da raiz com o aumento da concentração de nutrientes. Segundo os autores, isto pode ser explicado devido à maior disponibilidade de nutrientes proporcionada pela aplicação via fertirrigação, minimizando o gasto energético das plantas com a emissão de sistema radicular volumoso para buscar nutrientes, uma vez que esses estão prontamente disponíveis.

Para o índice de cor verde (Tabela 6), os valores foram superiores na dose padrão (DP), o que deve ter ocorrido devido ao efeito de concentração, ao qual houve um aumento da concentração de clorofila em função da menor área foliar e altura. Resultado semelhante foi observado por Perez (2014), em trabalho realizado com a espécie *Khaya senegalensis* no qual os maiores valores do índice de cor verde foram encontrados nas plantas que tiveram menor crescimento.

Tabela 6. Avaliação das variáveis fisiológicas das mudas de *Gallesia integrifolia*, ao final do experimento, em função das doses de solução nutritiva aplicadas.

Trat.	Índice de cor verde	Transpiração (mg m^{-2} s^{-1})
DP	35,2 a*	12,71 a
DP+50%	31,1 b	12,15 ab
DP+100%	31,8 b	10,67 b
CV (%)	16,51	14,62

*Médias seguidas de letras iguais na mesma coluna não diferem pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de significância. DP: adubação padrão; DP+50%: adubação 50% mais concentrada; DP+100%: adubação 100% mais concentrada;

As plantas que receberam a maior dose de adubação (DP+100%) tiveram maior área foliar e menor transpiração em relação aos demais tratamentos (Tabela 6). Esse incremento em área foliar pode estar relacionado a um maior fornecimento de nutrientes durante a adubação e a transpiração reduzida pode ser resultado da aplicação de uma dose mais elevada de potássio durante a rustificação no último mês (SILVA *et al.*, 2004; PRADO, 2008).

A menor transpiração indica maior eficiência no uso de água e é fator importante a ser considerado para a sobrevivência pós-plantio. Entretanto, neste tratamento, também houve uma redução da massa seca radicular e da porcentagem de mudas com sistema radicular apto ao plantio em campo, resultando num fator negativo para a qualidade da muda.

Grossnickle e MacDonald (2018), analisando 23 trabalhos sobre qualidade de mudas, concluíram que em 78% deles, houve uma relação positiva entre a qualidade do sistema radicular e o crescimento pós-plantio.

Conclusões

O parcelamento da fertirrigação promoveu maior disponibilidade dos nutrientes ao longo do tempo, reduzindo a lixiviação e aumentando a eficiência de absorção pelas plantas. A aplicação de duas vezes na semana favoreceu maior crescimento em altura, massa da parte aérea, área foliar e melhor conformação do sistema radicular.

As doses mais elevadas de nutrientes favoreceram o crescimento na parte aérea, em altura, massa seca e área foliar, em detrimento da massa radicular e da qualidade e integridade do torrão, ambas muito relacionadas com a eficiência das operações de plantio e com o rápido estabelecimento e crescimento da muda após o plantio no campo.

De acordo com os resultados obtidos nos dois experimentos, o desenvolvimento das mudas de pau-d'alho foi beneficiado com as doses menores com maior parcelamento, pois resultaram em disponibilidade de nutrientes para a planta de uma forma mais constante e melhor qualidade do sistema radicular.

Referências

AIAZZI,M.T.; ARGÜELLO,J.A.; ABRIL,A. Nodulated and non-nodulated *Prosopis chilensis* (Mol) St. seedlings: economy of carbon and nitrogen. **Forest Ecology and Management**, v.89, n.1-3, p.25-29, 1996. https://doi.org/10.1016/S0378-1127(96)03872-8

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F.; BARTOLINI, C. G.; FORSTHOFER, E. L.; STRIEDER, M. L. Relação da leitura do clorofilômetro com os teores de clorofila extraível e nitrogênio na folha de milho. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.13, n.2, p.158-167, 2001. https://doi.org/10.1590/S0103-31312001000200005

BEARD, J.B. **Turfgrass**: science and culture. N.J: Prentice-Hall, 1973. 235p.

CARVALHO, P.E.R. Pau d'Alho (*Gallesia integrifolia*). In: CARVALHO, P.E.R. **Espécies Arbóreas Brasileiras**. Colombo: Embrapa Florestas, 2003. p.735-742.

CARVALHO, O.S.; SILVA, O.R.R.F.; MEDERIOS, J. C. Adubação e calagem. In: BELTRÃO, N.E.M. **O Agronegócio do Algodão no Brasil**. Campina Grande: Embrapa Algodão; Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. v.1, p.175-210.

CHANG, D. C.; CHO, I. C.; SUH, J. T.; KIM, S. J.; LEE, Y. B. Growth and yield response of three aeroponically grown potato cultivars (*Solanum*

tuberosum L.) to different electrical conductivities of nutrient solution. **American Journal of Potato Research**, n.88, p.450-458, 2011. https://doi.org/10.1007/s12230-011-9211-6

CIAVATTA, S.F.; SILVA, M.R.; SIMOES, D. Fertirrigação na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* nos períodos de inverno e verão. **Revista Cerne**, v.20, n.2,p.217-222, 2014. https://doi.org/10.1590/01047760.201420021374

CROSER C., RENAULT S., FRANKLIN J., ZWIAZEK J. The effect of salinity on the emergence and growth of *Picea mariana*, *Picea glauca*, and *Pinus banksiana*. **Environ. Pollut.,** v.115, p.9-16, 2011. https://doi.org/10.1016/S0269-7491(01)00097-5

DALDEGAN, J.; SAMBUICHI, R.H.R. **Programa de aquisição de sementes e mudas nativas (PASEM): uma proposta de política pública para fins de regularização ambiental no Brasil**. Brasília: IPEA, 2017.

DANTAS, R. P.; PEREIRA, K. T. O.; CAVALCANTE, A. L. G.; SOUZA, A. A. T.; SOUZA NETA, M. L.; OLIVEIRA, F. A. Fertirrigação por capilaridade em mudas de *Leucena leucocephala* (Lam.) de Wit. **Rev. Agroambiente**, Boa Vista, v. 10, n. 2, p. 161-167, 2016. https://doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v10i2.3202

D'ÁVILA, F.S.; PAIVA, H.N.; LEITE, H.G.; BARROS, N.F.; LEITE, F.P. Efeito do potássio na fase de rustifcação de mudas clonais de eucalipto. **Revista Árvore,** v. 35, n. 1, p. 13-19, 2011. https://doi.org/10.1590/S0100-67622011000100002

DELGADO, L.G.M.; SILVA, R.B.G.; SILVA, M.R. Qualidade morfológica de mudas de ingá sob diferentes manejos hídricos. **Irriga***,* Botucatu, v.22, n.3, p.420-429, 2017. https://doi.org/10.15809/irriga.2017v22n3p420-429

DICKSON, A.; LEAF, A.L.; HOSNER, J.F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedlings stock in nurseries. **Forestry Chronicle***,* 1960. https://doi.org/10.5558/tfc36010-1

DUKE, J.A. **Duke's handbook of medicinal plants of Latin America**. Boca Raton: Taylor & Francis, 2009. 902p. https://doi.org/10.1201/9781420043174

FONSECA, E.P.; VALÉRI, S.V.; MIGLIORANZA, E.; FONSECA, N.A.N.; COUTO, L. Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume, produzidas sob diferentes períodos de sombreamento. **Revista Árvore***,* Viçosa, v.26, n.4, p.515-523, 2002. https://doi.org/10.1590/S0100-67622002000400015

GROSSNICKLE, S.C.; MACDONALDS, J.E. Why seedlings grow: influence of plant attributes. **New Forests**, v.49, p.1-34, 2018. https://doi.org/10.1007/s11056-017-9606-4

HOU, Z.; CHEN, W.; LI, X.; XIU, L.; WU, L. Effects of salinity and fertigation practice on cotton yield and ^{15}N recovery. **Agricultural Water Management**, v. 96, n. 10, p. 1483-1489,2009. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2009.04.019

JACKSON, D.P.; DUMROESE, R.K.; BARNETT, J. P. Nursery response of container *Pinus palustris* seedlings to nitrogen supply and subsequent effects on outplanting performance. **Forest Ecology and Management***,* v.265, p.1-12, 2012. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2011.10.018

JACOBS, D.F.; TIMMER, V.R. Fertilizer-induced changes in rhizosphere electrical conductivity: relation to forest tree seedling root system growth and function. **New Forests***,* v.30, n.2-3, p.147-166, 2005. https://doi.org/10.1007/s11056-005-6572-z

LORENZI, H. **Árvores brasileiras***:* manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: Editora Plantarum, 2014. v.1.

MARCHIORETTO, M. S. *Phytolaccaceae.* In: **Flora do Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2019.

MINOLTA CAMERA Co. **Manual for chlorophyll meter SPAD 502**. Osaka: Minolta, Radiometric Instruments divisions. 1989. 22p.

MORAES NETO, S.P.; GONÇALVES, J.L.M.; ARTHUR JR., J.C.; DUCATTI, F.; AGUIRRE JR., J.H. Fertilização de mudas de espécies arbóreas nativas e exóticas. **Revista Árvore***,* Viçosa, v.27, n.2, p.129-137, 2003.

https://doi.org/10.1590/S0100-67622003000200002

OLIVEIRA, F. A.; OLIVEIRA, M. K. T.; SILVA, R. C. P.; SILVA, O. M. P. MAIA, P M. E.; CÂNDIDO, W. S. Crescimento de mudas de moringa em função da salinidade da água e da posição das sementes nos frutos. **Revista Árvore**, Viçosa, v.37, n.1, p.79-87, 2013. https://doi.org/10.1590/S0100-67622013000100009

PRADO, R. M. **Nutrição de plantas**. São Paulo: Ed. UNESP, 2008. 407 p.

PEREZ, B.A.P. **Doses de potássio e umidades de solo para o crescimento de plantas de mogno africano***.* 2014. 43 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Produção Vegetal) –Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Jaboticabal, 2014.

RAIMUNDO, K.F.; BORTOLUCCI, W.C.; GLAMOČLIJA, J.; SOKOVIĆ, M.; GONÇALVES, J. E.; LINDE, G.A.; COLAUTO, N. B.; GAZIM, Z.C. Antifungal activity of *Gallesia integrifolia* fruit essential oil. **Brazilian Journal of Microbiology**, v.49, supl. 1, p.229-235, 2018. https://doi.org/10.1016/j.bjm.2018.03.006

SÁ, F. V. S.; ARAUJO, J. L.; NOVAES, M. C.; SILVA, A. P.; PEREIRA, F. H. F.; LOPES, K. P. Crescimento inicial de arbóreas nativas em solo salino-sódico do nordeste brasileiro tratado com corretivos. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 60, n. 3, p. 388-396, 2013. https://doi.org/10.1590/S0034-737X2013000300012

SALISBURY, F.B.; ROSS, C.W. **Fisiologia das plantas**. São Paulo: Cengage Learning, 2012. 774p.

SANTOS, J.Z.L.; RESENDE, A.V.; FURTINI NETO, A.E.; CORTE, E.F. Crescimento, acúmulo de fósforo e frações fosfatadas em mudas de sete espécies arbóreas nativas. **Revista Árvore***,* Viçosa, v.32, p.799-807, 2008. https://doi.org/10.1590/S0100-67622008000500003

SÃO PAULO (Estado). Resolução SMA n. 08, de 31 de Janeiro de 2008. Fixa a orientação para o reflorestamento heterogêneo de áreas degradadas e dá providências correlatas. **Diário Oficial do Estado de São Paulo,** São Paulo, SP, 01 fev. 2008. Seção I, p. 31-32.

SILVA, L. O. C. **Composto de lodo de esgoto, associado a frequência de irrigação e fertirrigação, para produção de mudas de *Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert**. 2018. 107p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2018.

SILVA, M.R. **Caracterização morfológica, fisiológica e nutricional de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden submetidas a diferentes níveis de estresse hídrico durante a fase de rustificação***.* 1998. 105f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1998.

SILVA, M. R. **Efeitos do manejo hídrico e da aplicação de potássio na qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis* W. (Hill ex. Maiden)***.* 2003. 100p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2003.

SILVA, M. R.; KLAR, A. E.; PASSOS, J. R. Efeitos do manejo hídrico e da aplicação de potássio nas características morfofisiológicas de mudas de *Eucalyptus grandis* (Hill ex. Maiden). **Irriga**, Botucatu, v.9, n.1, p.31-40, 2004. https://doi.org/10.15809/irriga.2004v9n1p31-40

SILVA, R.B.G.; SIMÕES, D.; SILVA, M.R. Qualidade de mudas clonais de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* em função do substrato. **Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambient.,** Campina Grande , v. 16, n. 3, p. 297-302, 2012. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S141543662012000300010&lng=en&nrm=iso. Acesso em 11 Mar. 2016. https://doi.org/10.1590/S1415-43662012000300010

ULIANA, M.B.; FEY, R.; MALAVASI, M.M.; MALAVASI, U.C. Produção de mudas de *Anadenanthera macrocarpa* em função de substratos alternativos e da frequência de fertirrigação. **Floresta***,* Curitiba, v. 44, n. 2, p. 303-312, 2014. https://doi.org/10.5380/rf.v44i2.31412

VALERI, S.V.; CORRADINI, L. Fertilização em viveiros para produção de mudas de eucaliptos e pinus. *In:* GONÇALVES, J.L.M.; BENEDETTI, V.

Nutrição e fertilização florestal. 2. ed. Piracicaba: IPEF, 2015. p. 167-190.