



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA



5
6
7 FONTES DE FERRO COMO ALTERNATIVA DE ADUBAÇÃO EM
8 GRAMADOS ESPORTIVOS

9
10
11
12 BETINA DOS SANTOS

13
14
15
16
17
18 Trabalho de conclusão de curso apresentado
19 ao curso de Graduação em agronomia, do
20 Centro de Ciências Agrárias, da
21 Universidade Federal de Santa Catarina,
22 como requisito para a obtenção do título de
23 Engenheiro Agrônomo.

24 Orientador: Cledimar Rogério Lourenzi

25
26
27
28
29
30
31 Florianópolis- SC
32 Novembro de 2016
33

Fontes de ferro como alternativa de adubação em gramado de Fairway

Betina dos Santos⁽¹⁾, Cledimar Rogério Lourenzi⁽²⁾

⁽¹⁾ Acadêmica do curso de Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina. Rod. Admar Gonzaga, 1346, Bairro Itacorubi, Caixa Postal 476, CEP 88034-000, Florianópolis, SC, Brasil.

⁽²⁾ Professor Adjunto 1A, Depto. de Engenharia Rural, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina. Rod. Admar Gonzaga, 1346, Bairro Itacorubi, Caixa Postal 476, CEP 88034-000, Florianópolis, SC, Brasil.

* Autor correspondente – E-mail: be.santos.1@hotmail.com

Resumo

Os custos elevados com adubação e alta exigência das gramas utilizadas em campos de golfe tornam necessários estudos para garantir o melhor manejo e condução do gramado. Por ser um micronutriente essencial à nutrição das plantas, participando de processos fundamentais como a fotossíntese, respiração e assimilação de nitrogênio, o Ferro vem sendo utilizado como alternativa para melhorar a atividade fotossintética e, conseqüentemente, o aspecto nutricional e a aparência de gramados. Nesta linha, o trabalho teve como objetivo avaliar o comportamento do Ferro como alternativa de adubação, sob diferentes fontes e doses, no solo e no tecido. O trabalho foi conduzido no Costão Golf club, em Florianópolis (SC), sendo o delineamento de blocos casualizados constituído de 4 repetições e 7 tratamentos, sendo eles: testemunha (test); sulfato ferroso -5kg ha^{-1} (SFe5); SFe- 10 kg ha^{-1} (SFe10); SFe - 20 kg ha^{-1} (SFe20); sulfato férrico - 5 kg ha^{-1} (SFr5); SFr - 10 kg ha^{-1} (SFr10) e SFr - 20 kg ha^{-1} (SFr20). Foram avaliados os parâmetros químicos do solo, os teores de clorofila *a*, *b* e carotenoides, produção de matéria seca, teor e acúmulo de nutrientes no tecido da parte aérea. Os resultados foram positivos nos tratamentos com aplicação de ferro, mostrando que o micronutriente melhora as condições visuais e nutricionais do gramado, influenciando em maior síntese de clorofila e por sua vez em maior consumo de nutrientes do solo pela planta. Não houve diferença entre as fontes utilizadas ou suas doses, sendo a concentração de 5kg há^{-1} suficiente para obter os efeitos esperados.

Palavras chave: Clorofila, grama bermuda, tifway 419, fotossíntese, micronutrientes, Fairway.

68 **Abstract**

69 The high costs with fertilization and high demand of the grasses used in golf courses
70 make studies necessary to guarantee the best handling and driving of the lawn. Because
71 it is a micronutrient essential to plant nutrition, participating in fundamental processes
72 such as photosynthesis, respiration and assimilation of nitrogen, the Iron has been used
73 as an alternative to improve the photosynthetic activity and, consequently, the
74 nutritional aspect and the appearance of grasses. In this line, the objective of this work
75 was to evaluate the behavior of iron as an alternative fertilizer, under different sources
76 and doses, in the soil and in the tissue. The work was conducted at the Costão Golf club,
77 in Florianópolis (SC). The randomized block design consisted of 4 replications and 7
78 treatments, being: a test; Ferrous sulphate -5kg ha^{-1} (SFe5); SFe-10 kg ha^{-1} (SFe10);
79 SFe - 20 kg ha^{-1} (SFe20); Ferric sulphate - 5 kg ha^{-1} (SFr5); SFr-10 kg ha^{-1} (SFr10)
80 and SFr-20 kg ha^{-1} (SFr20). Soil chemical parameters, chlorophyll a, b and carotenoids
81 contents, dry matter production, nutrient content and accumulation in the aerial part of
82 the soil were evaluated. The results were positive in the treatments with iron
83 application, showing that the micronutrient improves the Visual and nutritional
84 conditions of the lawn, influencing in greater synthesis of chlorophyll and in turn in
85 greater consumption of nutrients of the soil by the plant. There was no difference
86 between the sources used or their doses, being the concentration of 5kg ago^{-1} sufficient
87 to obtain the expected effects.

88 **Key words:** Chlorophyll, Bermuda grass, tifway 419, photosynthesis, micronutrients,
89 fairway.

90

91 **Introdução**

92 Atualmente a condução e manutenção de gramados esportivos é uma das
93 atividades agrícolas que mais têm demandado o uso de novas tecnologias, surgindo
94 assim, diariamente, novos desafios neste cenário que aumentam a necessidade de
95 estudos a fim de promover um manejo correto e eficaz.

96 Em gramados esportivos, entre eles o golf, a espécie mais utilizada tanto no sul
97 do Brasil quanto em outros lugares do mundo é a *Cynodondactylon* (grama bermuda).
98 Dentre as suas variedades e híbridos lançados, a *tifway* 419 está entre as mais usuais em
99 todos os países praticantes do esporte, destacando-se por formar um gramado de alto
100 nível visual, além de alta resistência ao pisoteio, ao estresse hídrico, além de alta
101 capacidade de recuperação (ZANON, 2015; GURGEL, 2003). A variedade caracteriza-

102 se por apresentar hábito de crescimento estolonífero – risomatoso, folhas mais finas, de
103 alta densidade, cor uniforme e por ser bem adaptada a altas temperaturas e tolerante a
104 estresses hídricos (KOKOROSKI et al., 2011, PATTON, 2011).

105 Porém, segundo Gurgel (2003), a variedade possui baixa tolerância a áreas
106 sombreadas, solos mal drenados ou compactados e é bastante exigente em nutrição em
107 decorrência do seu alto potencial de recuperação, diante dos cortes sucessivos e
108 extremamente baixos (3mm). Além disso, esta variedade não tolera baixas temperaturas,
109 paralisando o crescimento ao alcançar 8° C, entrando em dormência após alguns dias de
110 temperaturas abaixo de 0°C (zero grau). Em áreas de campo, como Florianópolis (SC),
111 esta característica é, portanto, um grande impasse no uso e condução da variedade, uma
112 vez que a região possui um inverno de baixas temperaturas e baixa radiação solar.
113 Arelado a isto, o aumento nos custos de insumos, como os adubos minerais,
114 necessários na manutenção e qualidade da grama, tem inviabilizado a manutenção
115 adequada, tornando necessário buscar novas alternativas, de menor custo e eficaz de
116 adubação, que mantenha o gramado verde e ativo durante todo o ano.

117 Uma das alternativas, seria aumentar a capacidade fotossintética das plantas, a
118 fim de propiciar um maior aproveitamento da luz solar, através do escurecimento das
119 folhas. Sabe-se que a aplicação de fontes de Ferro (Fe) tem sido empregada com a
120 finalidade de promover o escurecimento da folha e, assim, aumentar sua capacidade
121 fotossintética, aumentando em conjunto a própria bioatividade do sistema. O Fe é um
122 elemento essencial para as plantas e suas funções estão diretamente associadas a
123 processos imprescindíveis para o crescimento e a produtividade, é chave para
124 transformações energéticas necessárias nos processos vitais das células, como
125 respiração, fotossíntese, assimilação de nitrogênio e, além disso, indícios apontam que a
126 síntese de clorofila é influenciada por este metal (BATAGLIA, 199; GOATLEY &
127 SCHIMIDT, 1990).

128 Em sua totalidade, os níveis totais de ferro encontrado no solo são considerados
129 altos, porém a maioria encontra-se na forma insolúvel, principalmente em solos bem
130 drenados como é o caso dos campos de golfe, podendo assim ocorrer deficiências
131 (CRICHTON & WARD, 1998). Tisdale (1985) cita que a pulverização de sulfato
132 ferroso em 2-3% é eficiente para corrigir moderadas deficiências do metal do solo.
133 Nesta mesma linha, Bataglia (1991) afirma que o uso de formas orgânicas ou em
134 quelatos é mais vantajosa, uma vez que o elemento fica protegido da insolubilização
135 quando aplicado ao solo.

136 Baseado no que foi citado anteriormente, a utilização de Fe em gramados
 137 esportivos é uma alternativa para diminuir a problemática encontrada, uma vez que os
 138 custos são muito inferiores comparados ao adubo convencional. Apesar destas questões,
 139 os estudos sobre a concentração de Fe e suas diferentes fontes em gramados, são
 140 insuficientes para dar ao técnico a segurança necessária durante a aplicação. Nesta linha,
 141 o trabalho teve como objetivo avaliar o comportamento do Fe como alternativa de
 142 adubação, sob diferentes fontes e doses, no solo e no tecido

143

144 **Material e Métodos**

145 Para o desenvolvimento do trabalho foi conduzido um experimento no gramado
 146 esportivo do Costão Golfe Clube, localizado na região norte do município de
 147 Florianópolis (SC) (latitude: 27° 35' 49" sul; longitude: 48° 32' 58" oeste). Segundo a
 148 classificação climática de Köppen, o clima da região é Cfa (clima subtropical húmido),
 149 com temperaturas médias anuais de 20°C. O solo do experimento é classificado como
 150 Neossolo Quartzarênico (Santos et al., 2013), caracterizado por baixa fertilidade natural
 151 e alta drenagem. Antes da instalação do experimento, realizou-se uma coleta de solo na
 152 camada 0-10 cm, sendo os parâmetros apresentados na tabela 1.

153

154 **Tabela 1.** Teores dos atributos químicos do solo avaliados na profundidade de 0 a 10
 155 cm em gramado de Fairway, Florianópolis, SC.

Argila	M.O.	pH_{H2O}	P	K	Ca	Mg	Al
-----%	-----	1:1	-----mg dm ⁻³	-----	-----cmol _c dm ⁻³	-----	-----
10	1,6	6,2	207,8	34	12,4	1,2	0,0
H + Al	CTC_{pH 7,0}	% Saturação na CTC			Relações		
-----cmol _c dm ⁻³	-----	Al	V	Ca/Mg	Ca/k	Mg/k	
1,4	5,05	0,00	72,21	2,07	27,60	13,34	

156

157 O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com sete
 158 tratamentos e quatro repetições. As unidades experimentais foram constituídas por
 159 parcelas de 4,0 x 4,0m, totalizando 16m² por parcela, localizados em gramado de
 160 Fairway, estabelecidos com a cultivar *Tifway* 419, a qual sofreu corte na altura de 14
 161 mm no dia 07 de setembro de 2016, estando homogênea no momento da aplicação.

162

163 Os tratamentos utilizados foram: testemunha (test); sulfato ferroso - 5kg ha⁻¹
 164 (SFe5); SFe- 10 kg ha⁻¹ (SFe10); SFe - 20 kg ha⁻¹ (SFe20); sulfato férrico - 5 kg ha⁻¹
 (SFr5); SFr - 10 kg ha⁻¹ (SFr10) e SFr - 20 kg ha⁻¹ (SFr20). Para todos os tratamentos,

165 foram pesadas as quantidades da fonte correspondente a cada unidade experimental e,
166 posteriormente, dissolvidos em dois litros de água. Para facilitar a solubilização, as
167 soluções de sulfato ferroso foram diluídas no dia seis de setembro, já o sulfato férrico,
168 devido a sua alta solubilidade, foi diluído no mesmo dia da aplicação. As aplicações
169 foram realizadas no dia 12 de setembro de 2016, em superfície, com o auxílio de um
170 pulverizador costal de 15 L, com bico de jato plano (leque).

171 No dia 10 de outubro foi realizado o corte das aparas de grama na altura de 14
172 mm, com um cortador Green Master 1000, em toda a parcela (16m²). Foram retiradas
173 folhas, ou qualquer outro material inerte, com o auxílio de um rastelo antes do corte. Do
174 total de matéria verde coletada, foram separados 5g de cada tratamento em sacos
175 plásticos, que foram imediatamente refrigerados, para a análise de pigmentos
176 (clorofila *a*, *b* e carotenoides). O restante do material foi alocado em sacos de papel
177 pardo e armazenado em estufa a 55°C, até peso constante, para quantificação da matéria
178 seca e posterior quantificação do teor e acúmulo de nutrientes. As amostras foram
179 conduzidas ao Laboratório de análise de solo, água e tecidos vegetais da Universidade
180 Federal de Santa Catarina (UFSC), onde foram submetidas às análises.

181 Para a avaliação do solo, realizou-se uma coleta no dia 13 de outubro de 2016,
182 em todas as unidades experimentais, na camada 0-10 cm. A coleta foi realizada com o
183 auxílio de um trado calador e as amostras foram conduzidas ao Laboratório de análise
184 de solo, água e tecidos vegetais da UFSC, onde foram secas ao ar, moídas e passadas
185 em peneira de 2 mm, obtendo-se a terra fina seca ao ar (TFSA), e armazenadas para
186 posterior análise.

187 As amostras da parte aérea coletadas e refrigeradas foram submetidas a análise
188 de clorofila. Para isso, 0,1 g da amostra foram pesadas e incubadas em banho-maria por
189 duas horas com 7 mL de dimetilsulfóxido (DMSO) a 65°C. Posteriormente, foi realizada
190 a filtragem e o volume total da solução foi corrigido para 10 mL. As amostras foram
191 submetidas a leitura, em espectrofotômetro, nos comprimentos de onda 480 nm, 649 nm
192 e 665 nm, seguindo a metodologia de Hiscox & Israelstam (1979). Os teores de
193 clorofila *a*, *b* e carotenoides foram calculados utilizando-se as fórmulas de Wellburn
194 (1994), sendo os dados expressos em $\mu\text{g mL}^{-1}$.

195 A matéria seca da parte aérea da grama foi submetida à digestão ácida sulfúrica,
196 conforme descrito em Tedesco et al. (1995), e no extrato ácido foram quantificados os
197 teores totais de N, P, K, Ca, Mg e Fe. Para a obtenção dos teores totais de N, 20 mL de
198 alíquota foram destilados em destilador Micro Kjeldahl sendo, aproximadamente, 35

199 mL do destilado coletado em recipiente contendo 5 mL de ácido bórico e titulado com
200 H_2SO_4 $0,025 \text{ mol L}^{-1}$. Os teores de P no extrato ácido foram quantificados por
201 colorimetria, conforme Murphy & Riley (1962). Os teores de K foram determinados em
202 fotômetro de chama e os de Ca, Mg e Fe em espectrofotômetro de absorção atômica
203 (EAA).

204 As amostras de solo foram submetidas a análise de pH em água (1:1), índice
205 SMP, teores trocáveis de Al, Ca e Mg (extraídos por $\text{KCl } 1 \text{ mol L}^{-1}$), teores disponíveis
206 de P e K (extraídos por Mehlich I) e teores de Fe (extraídos por oxalato de amônio $0,2$
207 mol L^{-1} , pH 3,0), conforme Tedesco et al. (1995). Também foram determinados os
208 teores de carbono orgânico total (COT), conforme Claessen (1997), sendo os teores de
209 COT multiplicados por 1,724 (fator de van Bemmelen), para a obtenção dos teores de
210 matéria orgânica do solo.

211 Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância (ANAVA) e, quando
212 observadas diferenças significativas entre os tratamentos, as médias foram comparadas
213 entre si pelo teste Skott-knott a 5%.

214

215 **Resultados e Discussão**

216 Os resultados obtidos mostraram efeitos positivos e significativos da aplicação
217 de fontes de Fe sobre a grama bermuda no que diz respeito ao incremento de produção
218 de biomassa, teor e acúmulo de nutrientes na parte aérea, teores de clorofilas e
219 carotenoides, concentração de ferro na planta e no solo, saturação por alumínio e teores
220 de matéria orgânica do solo. Em contrapartida, houve redução na concentração de
221 nutrientes no solo, na capacidade de troca catiônica e no valor de saturação por bases.
222 Cabe ressaltar que os efeitos observados foram mais em função da aplicação ou não das
223 fontes de Fe do que em relação às diferentes doses aplicadas.

224

225 *Atributos químicos do solo*

226 A aplicação das fontes de Fe promoveu incremento nos teores de Fe no solo em
227 relação ao tratamento sem aplicação. Cabe ressaltar que não foram observadas
228 diferenças entre as fontes e as doses de Fe aplicadas, apenas quando da aplicação ou não
229 de Fe (Tabela 2). No solo, o Fe é comumente encontrado sob duas formas: Fe^{+2}
230 (ferroso), solúvel, e Fe^{+3} (férico), não solúvel, porém a dissolução das fontes em água
231 (baixo oxigênio) antes da aplicação dos tratamentos criou a condução ideal para que
232 ocorra a redução de Fe^{+3} para Fe^{+2} , promovida pela ausência de O_2 no meio,

233 aumentando a disponibilidade e facilitando assim a absorção do mesmo pelas plantas,
234 uma vez que as plantas absorvem o Fe em sua forma reduzida (LINDSAY, 1974).

235 Os parâmetros de acidez (pH e H+Al) do solo não apresentaram diferença
236 significativa comparados a testemunha, porém foram inferiores aos encontrados na
237 análise realizada antes da instalação do experimento (Tabela 1), o que pode ter
238 favorecido a disponibilidade do Fe, uma vez que esta está diretamente ligada aos níveis
239 de pH, estabelecendo uma relação direta com este valor, quanto mais baixo maior a
240 disponibilidade (LINDSAY, 1974). O teor de alumínio apresentou um pequeno
241 aumento com a adição de Fe, de 0,00 para 0,22 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ no tratamento SFe20,
242 refletindo na saturação por alumínio que aumentou de 0,0 para 10,22%, porém estes
243 níveis não são considerados tóxicos as plantas.

244 Os valores de CTC foram menores nos tratamentos SFe10, SFe20, SFr10 e
245 SFr20 que correspondem aos tratamentos com maior concentração de Fe. O resultado da
246 V% também apresentou este comportamento, sendo menor nos tratamentos com maior
247 concentração de ferro, enquanto os tratamentos SFe20 e SFr20 apresentaram 40,65 e
248 45,25%, respectivamente, a testemunha teve um valor de 59% (Tabela 2).

249

250 **Tabela 2.** Atributos químicos do solo nos diferentes tratamentos, na profundidade de 0 a 10 cm, 31 dias após a aplicação das fontes de ferro.

Tratamentos	pH _{H2O}	H+Al	Al	MOS	K	P	Ca	Mg	Fe	CTC _{ph7,0}	V	Sat. Al
		---cmol _c dm ⁻³ ---	---gkg ⁻¹ ---	----mg kg ⁻¹ ----	---cmol _c dm ⁻³ ---	g kg ⁻¹	cmol _c dm ⁻³	-----%-----				
Test	5,61 ^{ns}	2,20 ^{ns}	0,00 c	16,0 b	84,0 a	49,2 a	2,20 a	0,70 ^{ns}	0,01 b	5,00 a	58,7 a	0,00 c
SFe5	5,71	2,27	0,11 b	23,3 a	37,7 b	33,4 b	1,63 b	0,99	0,81 a	4,98 a	55,1 a	3,95 b
SFe10	5,70	1,79	0,11 b	22,2 a	32,8 b	34,2 b	0,81 c	1,10	0,96 a	3,80 b	53,1 a	5,45 b
SFe20	5,43	2,22	0,08 b	23,0 a	33,1 b	45,2 a	0,51 d	0,92	1,11 a	3,74 b	40,6 b	4,88 b
SFr5	5,82	1,79	0,10 b	24,8 a	43,7 b	39,2 b	1,51 b	1,17	1,08 a	4,58 a	60,9 a	3,46 b
SFr10	5,72	1,89	0,10 b	23,0 a	40,0 b	40,0 b	0,92 b	0,85	0,74 a	3,77 b	50,4 a	5,12 b
SFr20	5,20	2,36	0,22 a	23,3 a	45,7 b	35,6 b	0,84 c	0,91	0,87 a	4,23 b	45,2 b	10,44 a
CV (%)	8,82	25,03	31,25	11,48	14,61	10,56	6,64	25,60	29,15	10,99	14,79	30,15

251 SFe: Sulfato ferroso; SFr: Sulfato férrico; Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Skott-Knott a 5%;ns: não significativo; CV=coeficiente
 252 de variação

253

254 Verificou-se ainda, no solo, que os nutrientes P, K e Ca diferiram da testemunha,
 255 apresentando concentrações inferiores na presença do Fe, sendo que apenas o Mg não
 256 assumiu esse comportamento, não apresentando diferença significativa entre os
 257 tratamentos. Isto sugere maior absorção de nutrientes pelas plantas na presença do Fe,
 258 em decorrência do aumento da bioatividade das plantas. Os teores de matéria orgânica
 259 também foram superiores na presença do ferro (Tabela 2).

260

261 *Teores de clorofila a, clorofila b e carotenoides*

262 Em relação aos pigmentos analisados, a aplicação das fontes de Fe proporcionou
 263 maiores teores de clorofila *a* e carotenoides, quando comparados com o tratamento sem
 264 aplicação de Fe (Tabela 3). Cabe ressaltar que não foi observada nenhuma tendência
 265 com a utilização das diferentes doses de Fe, sendo que os maiores teores de clorofila *a*
 266 foram observados nos tratamentos SFe5 e SFr20, enquanto que para os carotenoides, os
 267 maiores teores foram observados no SFr20. Para a clorofila *b* não houve diferença entre
 268 os tratamentos avaliados (Tabela 3). Os teores de clorofila total apresentaram
 269 comportamento semelhante a clorofila *a*, sendo que os tratamentos com as três doses de
 270 sulfato ferroso (SFe) e o SFr20 apresentaram os maiores valores.

271

272 **Tabela 3.** Teores de clorofila *a*, clorofila *b*, clorofila *a + b* e carotenoides na parte aérea
 273 de grama bermuda submetida a aplicação de fontes de ferro.

Tratamentos	Clorofila <i>a</i>	Clorofila <i>b</i>	Clorofila total	Carotenoides
	-----µg mL ⁻¹ -----			
Test	13,52 c	3,08 ^{ns}	16,61 c	3,05 c
SFe5	22,52 a	4,46	26,98 a	4,88 b
SFe10	22,02 b	4,17	26,20 a	4,89 b
SFe20	21,60 b	4,21	25,81 a	4,68 b
SFr5	20,26 b	3,63	23,89 b	4,38 b
SFr10	21,12 b	4,04	25,16 b	4,61 b
SFr20	23,73 a	3,56	27,30 a	5,40 a
CV %	4,22	18,11	5,44	7,32

274 SFe: Sulfato ferroso;SFr: Sulfato férrico; Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si
 275 pelo teste de Skott-Knott a 5%; ns: não significativo; CV=coeficiente de variação.

276

277 As clorofilas são encontradas nos cloroplastos, que é considerada a organela
278 continente da fotossíntese, ou seja, é nos cloroplastos que ocorrem duas reações
279 importantes: a fotoquímica, nas membranas dos tilacóides, e a bioquímica, no estroma
280 dos cloroplastos. Estas atividades são as responsáveis pela produção de fotoassimilados
281 nas plantas, essenciais para o seu metabolismo e desenvolvimento (STREIT et al, 2005).
282 Lin & Stocking (1978) citam a importância do ferro na síntese de proteínas e, em
283 especial, o elevado requerimento do metal pelos cloroplastos. Na cultura do milho, por
284 exemplo, o teor total de proteínas caiu de 80 para 25% na ausência de ferro (Perur et al.,
285 1961). Ainda neste aspecto, ao avaliar folhas deficientes em Fe de três espécies
286 (beterraba, pêra e pêssago) em condições diferentes, Larbi et al. (2006) encontraram
287 alterações nos valores dos carotenoides e no somatório das clorofilas *a* e *b*. Os valores
288 chegaram a ser 12 vezes maiores entre as folhas com suprimento de ferro comparadas as
289 com extrema deficiência. Comumente os carotenoides, considerados pigmentos
290 acessórios, são menos sensíveis a ausência de ferro que as clorofilas, sendo que a
291 clorofila *a* é mais sensível que a *b*, que raramente sofre alteração decorrente da variação
292 nas concentrações de Fe (MARSHNER, 2012). Folhas deficientes em ferro
293 caracterizam-se por apresentar menores valores de amido e açúcares
294 (ARULANATHAN et al., 1990), o que é algo esperado, uma vez que diminuem as
295 concentrações de clorofila e ferredoxina, comprometendo o transporte de elétrons e
296 diminuindo a regeneração da ferredoxina reduzida. A diminuição da fotossíntese sob
297 deficiência de Fe é atribuída, principalmente, ao reduzido transporte de eletros
298 fotossintéticos e, portanto, a uma redução da carboxilação devido à baixa
299 disponibilidade de ATP e NADPH para o ciclo de Calvin (MARSHNER, 2012).

300 A baixa concentração de proteína Rubisco é outra razão importante para a baixa
301 fotossíntese em plantas com deficiência de Fe (LARBI et al., 2004, 2006). Nessa linha,
302 Winder & Nishio (1995) relataram que a deficiência de Fe em beterraba açucareira e,
303 conseqüentemente, a queda da síntese de clorofilas nas folhas, acarretou na redução de
304 60% da proteína Rubisco em folhas com deficiência. As quantidades de ambas as
305 subunidades de Rubisco foram linearmente correlacionadas às quantidades de clorofila
306 que, por conseguinte, foi correlacionada a deficiência de ferro. A baixa atividade
307 fotossintética também pode ser associada a ineficiência da enzima Rubisco (EVANS &
308 SEEMAN, 1984). Nesse sentido, Larbi et al (2006) observaram que a deficiência de Fe
309 ocasionou reduções acentuadas na eficiência de carboxilação da enzima e Stocking

310 (1975) observou que a atividade da Rubisco reduziu significativamente em milho com
311 deficiência de Fe.

312 Aproximadamente 80% do Fe presente nas folhas verdes está localizado nos
313 cloroplastos, sendo que, quando há deficiência desse micronutriente, ocorre redução no
314 teor de clorofila e no número de cloroplastos. Esta forte influência do Fe no incremento
315 de clorofila no tecido da planta acarreta, principalmente, no aumento da taxa
316 fotossintética e da produção dos fotoassimilados, além de promover um significativo
317 aumento nas taxas de reações enzimáticas e no metabolismo das plantas (VITOR et al.,
318 2009).

319 O incremento na coloração verde do gramado foi observado em,
320 aproximadamente, 24 horas após a aplicação, não havendo diferença entre as fontes e
321 suas concentrações (Figura 1). Esta coloração no gramado permaneceu por cerca de 40
322 dias, alcançando a normalidade de tom 55 dias após a aplicação.



323

324 **Figura 1.** Gramado de Fairway sob efeito da aplicação de ferro em blocos ao acaso.

325

326 *Produção de matéria seca, teor e acúmulo de nutrientes na parte aérea*

327 O aumento dos teores de clorofila *a* e carotenoides e, conseqüentemente, maior
328 atividade fotossintética, refletiram em maior absorção e maior concentração dos teores
329 totais de nutrientes na parte aérea da grama bermuda com a aplicação das fontes de Fe,

330 em relação a testemunha, não havendo diferenciação quanto as doses das fontes
331 utilizadas (Tabela 4).

332

333 **Tabela 4.** Teores de nutrientes na parte aérea de grama Bermuda submetida a aplicação
334 de fontes de ferro.

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	Fe
	----- % -----					mgkg ⁻¹
Test	0,32 b	0,27 d	1,24 b	0,78 b	0,15 b	92,57 b
SFe5	0,47 a	0,45 a	2,01 a	0,74 b	2,20 a	217,12 a
SFe10	0,47 a	0,41 b	2,10 a	1,14 a	0,15 c	125,02 b
SFe20	0,47 a	0,37 c	2,00 a	1,22 a	0,16 b	83,80 b
SFr5	0,46 a	0,38 c	1,95 a	1,20 a	0,14 c	147,97 b
SFr10	0,47 a	0,38 c	2,17 a	1,22 a	0,13 c	158,57 b
SFr20	0,47 a	0,39 c	2,06 a	1,36 a	0,17 b	261,40 a
CV %	5,18	6,51	4,19	10,81	2,55	34,63

335 SFe: Sulfato ferroso;SFr: Sulfato férrico;Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si
336 pelo teste de Skott-Knott a 5%. CV=coeficiente de variação.

337

338 A maior absorção de nutrientes pela grama bermuda pode estar associada as
339 funções do ferro na planta, por ser um importante constituinte ou ativador de enzimas
340 essenciais para o seu desenvolvimento, aumentando assim a bioatividade da planta e,
341 consequentemente, sua absorção de nutrientes. O Fe está diretamente ligado a enzimas
342 que atuam no transporte de hemoglobina e de e^- na fotossíntese, influenciando processos
343 como a fotossíntese, respiração, assimilação do N, do S e balanço hormonal. Além
344 disso, o Fe é componente de dois complexos enzimáticos ligados ao metabolismo do N,
345 a Redutase do nitrato e a Nitrogenase, responsável pela fixação biológica do N₂
346 (MALAVOLTA, 2006).

347 A produção de matéria seca também foi maior na presença do Fe (Tabela 5), o
348 que está diretamente ligado aos maiores teores de clorofila e carotenoides. Enquanto o
349 tratamento testemunha apresentou uma média de produção de 7 kgha⁻¹, os demais
350 tratamentos com adição de ferro apresentaram, em média, 100 kgha⁻¹, o que representa
351 incremento de, aproximadamente, 14 vezes na produção de matéria seca. Os tratamentos
352 SFe5 e SFe20 apresentaram valores superiores aos demais, com incrementos de,

353 aproximadamente, 20 vezes na produção de matéria seca em relação a testemunha.
 354 Nesse sentido, Bataglia & Mascarenhas (1982), em trabalho avaliando o acúmulo de
 355 matéria seca e outros nutrientes em quatro períodos de desenvolvimento da soja (0 - 30,
 356 30 - 60, 60 - 90 e 90 - 120 dias após o plantio), observaram que os períodos onde há
 357 maior acúmulo de matéria seca, correspondem também aos períodos em que houve a
 358 maior acumulo de nutrientes, inclusive o Fe. Nessa mesma linha, Murphy & Walsh
 359 (1998) observaram que com o aumento da dose de Fe aplicado ao solo, conciliado à
 360 irrigação em sorgo granífero, resultaram em aumento da concentração do cátion no
 361 tecido das plantas e, conseqüentemente, no aumento da produção de matéria seca pela
 362 cultura.

363 **Tabela 5.** Teores de matéria seca e acúmulo de nutrientes na parte aérea de grama
 364 bermuda submetida a aplicações de fontes de ferro.

Tratamentos	MS	N	P	K	Ca	Mg	Fe
	-----kg ha ⁻¹ -----						g ha ⁻¹
Test	6,7 c	0,02 c	0,02 c	0,08 c	0,05 b	0,01 b	0,62 c
SFe5	145,0 a	0,69 a	0,64 a	2,91 a	1,09 a	3,19 a	30,81 a
SFe10	96,7 b	0,45 b	0,40 b	2,04 b	1,06 a	0,15 b	12,31 b
SFe20	131,0 a	0,62 a	0,48 a	2,61 a	1,61 a	0,21 b	11,03 b
SFr5	77,7 b	0,37 b	0,30 b	1,52 b	0,93 a	0,11 b	11,18 b
SFr10	94,0 b	0,45 b	0,36 b	1,99 b	1,15 a	0,12 b	14,92 b
SFr20	99,8 b	0,48 b	0,30 b	2,06 b	1,37 a	0,17 b	25,71 a
CV %	25,58	26,37	33,04	24,94	31,22	27,64	36,77

365 SFe: Sulfato ferroso;SFr: Sulfato férrico; Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si
 366 pelo teste de Skott-Knott a 5%; CV=coeficiente de variação.

367

368 Godoy (2005) observou, em ensaio com grama Santo Agostinho, redução na
 369 produção de matéria seca de cerca de 60%, tanto na parte aérea quando no sistema
 370 radicular, ao não adicionar ferro na solução nutritiva das plantas. O mesmo autor afirma
 371 que o principal sintoma da deficiência de ferro em gramados é o amarelecimento das
 372 folhas, reduzindo a taxa fotossintética e, por sua vez, a atividade biológica e
 373 crescimento das plantas.

374

375

376 **Conclusões**

377 Os resultados apresentados mostram que o Fe é uma promissora alternativa de
378 adubação em gramados esportivos, uma vez que o mesmo propiciou maiores acúmulos
379 de matéria seca através da maior produção de clorofilas, favorecendo a maior absorção
380 dos nutrientes já existentes no solo, melhorando as condições visuais e nutricionais do
381 gramado. Além disso, a alta concentração de ferro no solo não influenciou
382 significativamente dos atributos químicos, sendo a dose de 5kg ha^{-1} suficiente para
383 promover os benefícios esperados.

384

385 **Referências Bibliográficas**

- 386 ARULANATHAN, A. R., RAO, I. M.; TERRY, N. Limiting factors in photosynthesis.
387 VI. Regeneration of ribulose 1,5 biphosphate limits photosynthesis at low
388 photochemical capacity. *Plant physiology*. 93, 1466–1475. (1990).
- 389 BATAGLIA, O.C.; MASCARENHAS, H.A. 1982. Nutrição mineral da sola. A soja no
390 Brasil central. 2ª Ed. P.115 – 133. Fundação Cargill. Campinas. 444p.
- 391 CLAESSEN, M. E. C.. Manual de métodos de análise desolo. 2.ed. rev. e atual. Rio de
392 Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1997. 212p. (EMBRAPA-CNPS. Documentos, 1).
- 393 CRICHTON, R.R.; WARD, R. J. Metalions in biological systems. Iron homeostasis. In:
394 A. Sigel and H. Sigel. Marcel Dekker, New York, 1998. p. 633-665.
- 395 EVANS, JR. , SEEMAN, JR. (1984). Differences between wheat genotypes in specific
396 activity of ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase and the relationship to
397 photosynthesis. *Plant physiology* 74:759–765
- 398 GOATLEY, J. M.; SCHMIDT R. E. Seedling Kentucky bluegrass growth responses to
399 chelated iron and biostimlator materials. *Agronomy Journal*, 1990.
- 400 GODOY, L. J. G. Adubação nitrogenada para produção de tapete de grama Santo
401 Agostinho e Esmeralda. 2005. 122 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura) –
402 Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu,
403 2005.
- 404 GODOY, L. J. G. et al. Nutrição, adubação e calagem para produção de gramas. 1ª ed.
405 Botucatu: FEPAF, 2012. 139 p.
- 406 GURGEL, R. G. A. Principais espécies e variedades de grama. In: SIGRA – Simpósio
407 Sobre Gramados – Produção, Implantação e Manutenção”, 1., 2003, Botucatu. Anais.
408 Botucatu: FCA/UNESP, 2003. 1. CD-ROM.

- 409 HISCOX, J. D.; ISRAELSTAM, G. F. (1979). A method for the extraction of
410 chlorophyll from leaf tissue without maceration. *Canadian journal of botany* 57:
411 1332-1334
- 412 KOJOROSKI, S. C. M. , SCHEFFER, B. S. M., CARNEIRO, C. M., GUARIENTI, M.
413 Morphological development of Esmerald, Carpetgrass and Tifton 419 turfgrasses
414 *Ciência Agrotécnica*, 2011. 35: 471-477
- 415 LARBI, A., ABADÍA, A., ABADÍA, J. AND MORALES, F..Down co-regulation of
416 light absorption, photochemistry, and carboxylation in Fe-deficient plants growing in
417 different environments. *Photosynth*, 2006. Res. 89, 113–126.
- 418 LARBI, A., ABADÍA, A., MORALES, F. AND ABADÍA, J..Fe resupply to Fe-
419 deficient sugar beet plants leads to rapid changes in the violaxanthin cycle and other
420 photosynthetic characteristics without significant de novo chlorophyll synthesis.
421 *Photosynth. Res.* 79, 59–69. (2004)
- 422 LIN, C. H.; STOCKING, C. R. (1978).Influence of leaf age, light, dark and iron
423 deficiency on polyribosome levels in maize leaves. *Plant Cell Physiol.* 19, 461–470.
- 424 LINDSAY, W.L. Zinc in soils and plant nutrition. *Advances in Agronomy*, Now York,
425 24:147- 86, 1972.
- 426 MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica
427 Ceres, 2006a.
- 428 MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 3.ed London: Elsevier, 2012.
429 643p.
- 430 PATTON, A. Turfgrass morphology: color plates for vegetative identification of the
431 common turfgrasses. Ames: Iowa State University, 1995.
- 432 PERUR, N. G., SMITH, R. L. and WIEBE, H. H. (1961). Effect of iron chlorosis on
433 protein fraction on corn leaf tissue. *Plant Physiol.* 36, 736–739.
- 434 SANTOS, H.G. dos; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C. dos; OLIVEIRA, V.A. de;
435 LUMBRERAS, J.F.; COELHO, M.R.; ALMEIDA, J.A.; CUNHA, T.J.F.;
436 OLIVEIRA, J.B. de. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. 3.ed. rev. e ampl.
437 Brasília: Embrapa, 2013. 353p.
- 438 STOCKING, C. R. (1975) Iron deficiency and the structure and physiology of maize
439 chloroplasts. *Plant Physiologi* 55:626–631
- 440 STREIT, N. M.;CANTERLE L. P.; CANTO M. W.; HECKTHEUER L. H. H. As
441 Clorofilas. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.35, n.3, p.748-755, mai-jun, 2005

- 442 TEDESCO, M. J. et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre:
443 UFRGS, 1995. 174p
- 444 TISDALE, S.L.; NELSON, W.L.; BEATON, J.D. Soil fertility and fertilizers. 4. Ed.
445 New York, Macmillan Publishing Company, 1985. 754p.
- 446 WELLBURN, A. R. 1994. The spectral determination of chlorophyll a and b, as well as
447 total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different
448 resolution. J. Plant. Physiol., 144: 307-313.
- 449 WINDER, T., NISHIO, J. (1995). Early iron deficiency stress response in leaves of
450 sugar beet. Plant Physiol 108:1487–1494
- 451 ZANON, M. E. Desenvolvimento de Grama-Esmeralda, Grama bermudas ‘Tifway 419’
452 E ‘Celebration’ Submetidas a Aplicação de Reguladores de Crescimento.
453 Universidade Estadual Paulista – UNESP, Faculdade de Ciências Agrárias e
454 Veterinárias – Campus Jaboticabal, 2015. Disponível em:
455 <<http://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/136722/000859912.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 11 out. 2016.
456
457