

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DO SERTÃO PERNAMBUCANO
CAMPUS PETROLINA ZONA RURAL**

CURSO DE BACHARELADO EM AGRONOMIA

**TEOR DE PIGMENTOS FOTOSSINTÉTICOS EM FOLHAS DE
VIDEIRA DE VINHO (*Vitis vinifera* L.) CV SYRAH SUBMETIDA A
DIFERENTES DOSES DE NITROGÊNIO**

BRUNO RICARDO SILVA COSTA

**PETROLINA, PE
2016**

BRUNO RICARDO SILVA COSTA

**TEOR DE PIGMENTOS FOTOSSINTÉTICOS EM FOLHAS DE
VIDEIRA DE VINHO (*Vitis vinifera* L.) CV SYRAH SUBMETIDA A
DIFERENTES DOSES DE NITROGÊNIO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao IF SERTÃO-PE *Campus*
Petrolina Zona Rural, exigido para a obtenção
de título de Engenheiro Agrônomo.

**PETROLINA, PE
2016**

C837

Costa, Bruno Ricardo Silva.

Teor de pigmentos fotossintéticos em folhas de videiras de vinho (*Vitis vinifera* L.) cv Syrah submetida a diferentes doses de nitrogênio / Bruno Ricardo Silva. - 2016.

59 f.: il. ; 30 cm.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia)-Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, Petrolina, 2016.

Bibliografia: f. 51-57.

1. Fisiologia vegetal. 2. Fotossíntese . 3. Videiras. I. Título.

CDD 571.2

BRUNO RICARDO SILVA COSTA

**TEOR DE PIGMENTOS FOTOSSINTÉTICOS EM FOLHAS DE
VIDEIRA DE VINHO (*Vitis vinifera* L.) CV SYRAH SUBMETIDA A
DIFERENTES DOSES DE NITROGÊNIO**

Trabalho de Conclusão do Curso apresentado ao IF
SERTÃO-PE *Campus* Petrolina Zona Rural, exigido
para a obtenção de título de Engenheiro Agrônomo.

Aprovada em: ____ de _____ de ____.

Saulo de Tarso Aidar, Pesquisador, DSc.
Embrapa Semiárido

Marlon Gomes da Rocha, Professor, DSc
IF Sertão Pernambucano

Ana Rita Leandro dos Santos, Professora (Orientadora), MSc.
IF Sertão Pernambucano

RESUMO

A avaliação dos pigmentos fotossintetizantes, em especial as clorofilas, assume papel fundamental no manejo dos cultivos, dada a importância dessas substâncias no processo de conversão da energia luminosa durante a fotossíntese, bem como por estarem relacionados às condições nutricionais da planta. O presente estudo objetivou desenvolver equações de calibração para o medidor portátil de clorofila ClorofiLOG, modelo CFL 1030 e quantificar os teores de pigmentos fotossintetizantes (clorofilas a, b e total, além de carotenoides totais), em folhas de videira de vinho cv Syrah, submetida a diferentes doses de nitrogênio aplicadas via fertirrigação. O experimento foi instalado no Campo Experimental de Bebedouro, pertencente à Embrapa Semiárido e localizado no município de Petrolina – PE, no delineamento de blocos casualizados com três repetições. As doses de nitrogênio utilizadas foram de 0, 15, 30, 60 e 120 kg ha⁻¹. Para a mensuração dos teores de clorofila a, b e total, foram adotados um método destrutivo e um método não destrutivo, os quais consistiram, respectivamente, em espectrofotometria de soluções extraídas de amostras de folhas da videira e utilização do medidor portátil de clorofila ClorofiLOG, modelo 1030 (Falker Automação Agrícola), capaz de fornecer leituras em campo do teor relativo de pigmentos. Foram realizadas 12 avaliações ao longo do ciclo produtivo da cultura, nas fases de florescimento, crescimento dos frutos e senescência, correspondentes aos 36, 49, 59, 69, 79, 90, 100, 111, 122, 132 e 157 dias após a poda (DAP). Os resultados obtidos por ambos os métodos foram correlacionados a fim de se obter as curvas de calibração do equipamento, para conversão dos valores adimensionais do índice de clorofila (ICF) em valores expressos em unidade de concentração ($\mu\text{g g}^{-1}$ de massa seca de folha) e conteúdo ($\mu\text{g cm}^{-2}$ de folha). Além disso, os teores de clorofilas e carotenoides totais foram submetidos ao teste de comparação de médias. Foi observada uma correlação positiva e diretamente proporcional entre os valores, porém as equações de calibração apresentaram precisão moderada em virtude dos valores do coeficiente de determinação. Contudo, os dois métodos foram capazes de identificar o mesmo padrão relativo à variação média dos teores de clorofilas a, b e total. Verificou-se também que a variação do teor de pigmentos se deu principalmente em função da idade das folhas em detrimento ao efeito das doses de N, com maiores valores médios identificados aos 111 e 122 DAP e menores aos 36 e 157 DAP. Entretanto, considerando todo o ciclo, a dose de 120 kg ha⁻¹ de N proporcionou um maior teor médio de clorofilas a, b e total. A variação média do teor de carotenoides foi semelhante àquela referente ao teor de clorofilas.

Palavras chave: Videira de vinho, clorofila, carotenoides.

ABSTRACT

The evaluation of photosynthetic pigments, especially chlorophylls, is fundamental for crops management, due the importance of these substances in converting light energy during photosynthesis, as well as their relationship with the nutritional status of the plant. This study aimed to elaborate calibration equations for the portable chlorophyll meter ClorofiLOG, model CFL 1030 and quantify the photosynthetic pigments (chlorophylls a, b and total, and carotenoids) in cv Syrah grapevine leaves, exposed to different doses of nitrogen applied via fertigation. The experiment was installed in randomized block design with three replications in the Bebedouro Experimental Station, Embrapa Semi-Arid and located in the city of Petrolina – PE. Nitrogen doses used were 0, 15, 30, 60 and 120 kg ha⁻¹. Measurement of chlorophyll a, b and total, were made by a destructive and a nondestructive method, which the first one consisted in the spectrophotometry of solutions extracted from leaves samples and the second consisted in the use of the portable chlorophyll meter ClorofiLOG, model 1030 (Falker Automação Agrícola), which is capable of providing readings of the field content relative pigments. 12 evaluations were made during the growth cycle at the stages of flowering, fruit growth and senescence, corresponding to 36, 49, 59, 69, 79, 90, 100, 111, 122, 132 and 157 days after pruning (DAP). The results obtained by both methods were correlated in order to obtain the equipment calibration curves for converting the dimensionless values of Chlorophyll index (FCI) in concentration (g-1 g of leaf dry mass) and content (ug cm⁻² leaf) units. Chlorophylls and carotenoids values were also subjected to comparison of means test. A positive and direct correlation between the values was observed, but the calibration equations presented a moderate accuracy due the values of the coefficient of determination. However, both methods were able to identify the same pattern on the average variation of chlorophyll a, b and total. It was also found that the variation of pigment was due to the age of the leaves rather than the effect of N rates, with higher average values at 111 and 122 DAP and lower at 36 and 157 DAP. assuming the whole cycle, the dose of 120 kg ha⁻¹ of N provided a higher mean value of chlorophyll a, b and total. The average change in carotenoid content was similar to chlorophylls variation.

Keywords: Grapevine, chlorophylls, carotenoids

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Maria das Graças Silva Costa e Roberto de Souza Costa e aos meus irmãos, Ítalo Gustavo Silva Costa e Victor César Silva Costa.

Aos colegas de curso, Luís Henrique Bezerra Cabral, Janaína dos Reis Miranda, Juliano Athayde Silva e Petrus Brito Cavalcanti. Tem sido uma honra conviver com todos vocês.

AGRADECIMENTOS

Ao DSc. Agnaldo Rodrigues de Melo Chaves, pesquisador da Embrapa Semiárido, pela oportunidade de realização do presente estudo e concessão dos dados para elaboração dessa monografia.

As alunas do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas da Universidade de Pernambuco, Brigida Nayara Gomes Caldas e Débora Anny Granja Nogueira pelo apoio na execução do trabalho.

À professora Ana Rita Leandro dos Santos pela orientação concedida na redação e correção do trabalho, bem como na discussão dos resultados obtidos.

[...] Naquele momento, os Valar, reunidos para ouvir o canto de Yavanna, estavam sentados, em silêncio, em seus tronos do conselho dos Máhanaxar, o Círculo da Lei junto aos portões dourados de Valmar; e Yavanna Kementári cantava diante deles e eles observavam.

E enquanto olhavam, sobre a colina surgiam dois brotos esguios; e o silêncio envolveu todo o mundo naquela hora, nem havia nenhum outro som que não o canto de Yavanna. Em obediência a seu canto, as árvores jovens cresceram e ganharam beleza e altura; e vieram a florir; e assim surgiram no mundo as Duas Árvores de Valinor [...].

J.R.R. Tolkien, O Silmarillion.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Relação entre os teores de clorofila foliar obtidos por método não destrutivo (expressos em ICF) e por método destrutivo (expressos em $\mu\text{g cm}^{-2}$ e $\mu\text{g g}^{-1}$).....	28
Figura 2. Relação entre os teores de clorofila obtidos por método destrutivo e estimados a partir de equações de regressão linear.....	30
Figura 3. Valores médios \pm erro padrão da média referentes à variação do índice (linha pontilhada) e do conteúdo (linha contínua) de clorofila a em folhas de videira cv Syrah submetida à fertirrigação com diferentes doses de N.	42
Figura 4. Valores médios \pm erro padrão da média referentes à variação do índice (linha pontilhada) e do conteúdo (linha contínua) de clorofila b em folhas de videira cv Syrah submetida à fertirrigação com diferentes doses de N.	43
Figura 5. Valores médios \pm erro padrão da média referentes à variação do índice (linha pontilhada) e do conteúdo (linha contínua) de clorofila total em folhas de videira cv Syrah submetida à fertirrigação com diferentes doses de N.	44
Figura 6. Valores médios \pm erro padrão da média referentes à variação do índice (linha pontilhada) e da concentração de clorofila a (linha contínua) em folhas de videira cv Syrah submetida à fertirrigação com diferentes doses de N.	45
Figura 7. Valores médios \pm erro padrão da média referentes à variação do índice (linha pontilhada) e da concentração de clorofila b (linha contínua) em folhas de videira cv Syrah submetida à fertirrigação com diferentes doses de N.	46
Figura 8. Valores médios \pm erro padrão da média referentes à variação do índice (linha pontilhada) e da concentração de clorofila total (linha contínua) em folhas de videira cv Syrah submetida à fertirrigação com diferentes doses de N.....	47
Figura 9. Relação entre os teores de clorofila foliar e doses de N aplicadas. Médias obtidas a partir de $n = 216$ (0, 30 e 120 kg ha^{-1}) e $n = 144$ (15 e 60 kg ha^{-1}).	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Amplitude dos teores de pigmentos fotossintéticos em folhas de videira de vinho cv Syrah.....	31
Tabela 2. Valores médios referentes ao índice de clorofila (ICF) em folhas de videira cv Syrah submetida a diferentes doses de N obtidos ao longo dos dias após a poda de produção (DAP) da cultura.	33
Tabela 3. Valores médios referentes ao conteúdo de clorofila ($\mu\text{g cm}^{-2}$ de tecido) em folhas de videira cv Syrah submetida a diferentes doses de N obtidos ao longo dos dias após a poda de produção (DAP) da cultura.	34
Tabela 4. Valores médios referentes à concentração de clorofila ($\mu\text{g g}^{-1}$ de massa seca) em folhas de videira cv Syrah submetida a diferentes doses de N obtidos ao longo dos dias após a poda de produção (DAP) da cultura.	35
Tabela 5. Valores médios referentes à concentração e conteúdo de carotenoides totais em folhas de videira cv Syrah submetida a diferentes doses de N obtidos ao longo dos dias após a poda de produção (DAP) da cultura.	39
Tabela 6. Valores médios referentes ao índice de clorofila, concentração e conteúdo de clorofila e carotenoides totais em folhas de videira cv Syrah submetida a diferentes doses de N.	48
Tabela 7. Análise de variância dos modelos lineares ajustados à relação entre os valores de índice e conteúdo e concentração de clorofilas.	58
Tabela 8. Parâmetros das equações de regressão das equações de calibração.	59

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1. A cultura da videira no Submédio do Vale do São Francisco	13
2.2. Panorama geral da fotossíntese	14
2.3. Pigmentos fotossintetizantes	15
2.4. Estimativa do teor de pigmentos fotossintetizantes	16
2.5. Adubação nitrogenada da videira e fornecimento de N via fertirrigação	17
3. OBJETIVOS	20
3.1. Objetivo geral	20
3.2. Objetivos específicos	20
4. MATERIAL E MÉTODOS	21
3.1. Localização e caracterização da área experimental.....	21
3.2. Descrição dos tratamentos.....	21
3.3. Manejo de irrigação.....	22
3.4. Manejo de fertirrigação	23
3.4. Coleta dos dados e avaliações realizadas	23
3.5. Análise de dados	25
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
5.1. Determinação das equações de calibração	27
5.2. Variação do teor de pigmentos em função da adubação nitrogenada.....	31
6. CONCLUSÃO	50
REFERÊNCIAS	51
ANEXOS	58

1. INTRODUÇÃO

A vitivinicultura na região semiárida do Submédio do Vale do São Francisco vem se destacando no cenário nacional em virtude dos altos rendimentos alcançados, proporcionados pela alta produtividade e qualidade da uva e dos vinhos finos, resultando na rápida expansão da área cultivada e do volume de produção, tanto de uva para o consumo in natura quanto de vinhos (SILVA et al., 2009). Além de sua evidente importância econômica e social dentre as culturas irrigadas produzidas na região, em razão do volume de empregos e de negócios mobilizados, a atividade apresenta algumas especificidades no que diz respeito à adaptação e velocidade dos processos fisiológicos das videiras em resposta às condições edafoclimáticas locais.

Nesse sentido, para realizar tais processos de forma eficiente e completar o seu ciclo produtivo, a cultura demanda por elementos minerais essenciais a sua nutrição. Dessa forma, a fertilização se caracteriza como um dos mais significativos componentes do custo de produção da cultura da videira, perfazendo quase 10% dos custos totais, exercendo influência expressiva na produtividade e na qualidade da uva (ALBUQUERQUE et al., 2009).

Dentre os macronutrientes imprescindíveis a videira de vinho, o nitrogênio se destaca como um dos mais exigidos. Esse elemento é considerado fundamental para a multiplicação celular e crescimento dos órgãos vegetais, sendo necessário desde o início do desenvolvimento da planta bem como ao longo do seu período de atividade (TERRA, 2003). O nitrogênio também participa na formação das clorofilas, definidas como pigmentos verdes especializados na absorção da radiação luminosa os quais são encontrados nos cloroplastos, localizados no mesófilo das células das folhas (TAIZ & ZEIGER, 2008). As clorofilas são os pigmentos naturais mais abundantes presentes nas plantas, os quais, juntamente com os carotenoides e as ficobilinas,

denominados pigmentos acessórios, estão envolvidos no processo de fotossíntese (STREIT et al., 2005).

As medidas do teor de pigmentos fotossintéticos, em especial as clorofilas, pode ser útil, por exemplo, na estimativa da concentração de nitrogênio nas folhas, como descrito por Argenta et al. (2004). Essa quantificação é geralmente realizada por metodologia tradicional, por métodos classificados como destrutivos ou invasivos, os quais requerem a conversão dos valores de absorvância de um extrato foliar, obtidos a partir de espectrofotometria, para valores de concentração a partir de equações já existentes (RICHARDSON et al., 2002). Contudo, a utilização desses métodos requer a destruição das amostras foliares, a preparação das soluções por meio de solventes e o uso de equipamentos específicos, o que torna o processo caro e demorado. Assim, uma alternativa aos métodos clássicos de determinação do teor de clorofila são os métodos ópticos não destrutivos, aplicados por meio do uso de medidores portáteis do teor relativo de pigmentos. Esses equipamentos fornecem leituras imediatas do índice de clorofila, porém requerem o desenvolvimento de equações de calibração para conversão dos valores arbitrários em unidades padrão do sistema internacional, considerando as características particulares de cada cultura onde são feitas as avaliações.

Assim, o estudo objetiva desenvolver equações de calibração para o medidor de clorofila ClorofiLOG, modelo CFL 1030 (Falker Automação Agrícola), além de quantificar o teor de pigmentos fotossintéticos, utilizando um método destrutivo e outro não destrutivo, em folhas de videira de vinho cultivar Syrah.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. A cultura da videira no Submédio do Vale do São Francisco

A videira, *Vitis* L., é situada pela botânica sistemática na divisão Magnoliophyta, classe Magnoliopsida, subclasse Rosidae, ordem Rhamnales, família Vitaceae e pode ser caracterizada como um arbusto com caule sarmentoso e trepador, que se fixa a suportes naturais ou artificiais, mediante órgãos especializados (QUEIROZ-VOLTAN e PIRES, 2003). Segundo Keller (2010), as videiras estão entre as primeiras espécies frutíferas a serem domesticadas e são, atualmente, um dos cultivos mais economicamente importantes para a fruticultura mundial.

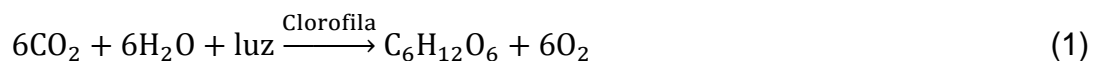
A videira europeia (*Vitis vinífera* L.), originária do centro da Ásia Central, em regiões que possuem o clima típico mediterrâneo, tem sido cultivada atualmente e com sucesso no Vale do São Francisco, em clima semiárido, sendo caracterizada como alternativa de expressivo valor econômico nessa região (PEDRO JÚNIOR e SENTELHAS, 2003). Nesse sentido, ressalta-se que a videira pode ser cultivada para diferentes finalidades, de acordo com o destino da produção, podendo ser classificada, em termos comerciais, nos seguintes tipos: uvas para consumo in natura ou uvas de mesa, uvas para sucos, uvas para passas e uvas para vinhos (LEÃO et al., 2009). Nas condições do Submédio do Vale do São Francisco, a Syrah destaca-se como a principal cultivar de uvas para vinhos tintos (LEÃO et al., 2009).

Destaca-se que o Vale do Submédio São Francisco, localizado entre os paralelos 8-9°S, é a segunda região produtora de vinhos finos do Brasil, sendo responsável por 15% da produção nacional (AGRIANUAL, 2006). Ressalta-se também que a viticultura na região mencionada está associada a algumas vantagens competitivas em comparação com as demais localidades produtoras, a exemplo da

obtenção de ciclos sucessivos de produção, colheitas em qualquer época do ano e produtividade acima da média nacional (CORREIA et al., 2000).

2.2. Panorama geral da fotossíntese

Assim como as demais plantas verdes, é por meio da fotossíntese que a videira é capaz de sintetizar compostos orgânicos a partir de substâncias simples, às custas de energia solar. Nesse sentido, a fotossíntese pode ser definida como o processo pelo qual todas as plantas produzem energia química, armazenada na forma de açúcares (carboidratos, como a sacarose), a partir da energia luminosa, dióxido de carbono (CO₂) e água (LIMA FILHO et al., 2009). O processo fotossintético ocorre em duas etapas: na primeira, que acontece nas membranas dos tilacóides no interior dos cloroplastos, ocorre a absorção e transformação da energia da luz em energia química (ATP – adenosina trifosfato) e no poder redutor (NADPH); na segunda etapa, ocorre a síntese de moléculas orgânicas, por meio da redução do carbono atmosférico a carboidratos, segundo o Ciclo de Calvin em conjunção com as reações fotoquímicas da fotossíntese (LIMA FILHO et al., 2009). De uma forma simplificada, a reação da fotossíntese pode ser representada conforme Equação 1:



As folhas da videira apresentam baixa capacidade fotossintética e processam compostos orgânicos na quantidade de 5 a 15 mg de CO₂ hora⁻¹ dm⁻². Em condições europeias, a temperatura correspondente à melhor taxa fotossintética situa-se em torno de 27 a 30°C, sendo interrompida em temperaturas superiores a 35°C. Contudo, em condições brasileiras, são observadas altas taxas de fotossíntese em temperaturas superiores a 40°C, desde que não haja déficit hídrico para as plantas (PIRES e POMMER, 2003).

Diversos fatores podem afetar a intensidade fotossintética das videiras, os quais podem ser agrupados em fatores externos e intrínsecos ou internos. Os fatores externos dizem respeito às condições ambientais, a exemplo da energia solar,

temperatura, disponibilidade hídrica e adubação (LIMA FILHO et al., 2009). A exemplo da influência das condições ambientais sobre a fotossíntese líquida, Chaves et al. (2015), avaliando videiras Syrah e Chenin Blanc cultivadas sobre diferentes porta-enxertos em sistema de lira e espaldeira, observaram que as diferenças encontradas para essa variável foram devidas às condições climáticas presentes nas datas da avaliação, em detrimento ao efeito dos tratamentos, principalmente no que diz respeito à temperatura do ar, umidade relativa do ar e radiação global incidente. Por sua vez, dentre os fatores internos, podemos destacar as características genéticas, idade da folha, relação fonte/dreno e estado nutricional da planta.

Dentro os demais fatores relacionados à eficiência fotossintética das plantas e, conseqüentemente, ao crescimento e adaptabilidade a diversos ambientes, pode-se destacar também o conteúdo de clorofilas e carotenoides, pigmentos responsáveis pela captura da energia luminosa para posterior conversão em energia química (AVELAR et al., 2013).

2.3. Pigmentos fotossintetizantes

De acordo com Lima Filho et al. (2009), a clorofila, pigmento que confere cor verde às plantas, associada a outros pigmentos denominados acessórios, tais como os carotenoides, são os responsáveis por captar a radiação solar, desencadeando as reações fotoquímicas da fotossíntese, assumindo importância fundamental nesse processo. Dessa forma, as clorofilas são os pigmentos naturais mais abundantes presentes nas plantas e ocorrem nos cloroplastos das folhas e em outros tecidos vegetais (STREIT et al., 2005). Esses pigmentos são moléculas formadas por complexos derivados da porfirina, tendo como átomo central o Mg (magnésio). Esse composto é uma estrutura macrocíclica assimétrica totalmente insaturada constituída por quatro anéis de pirrol, os quais numeram-se de I a 4 ou de "a" a "d", de acordo com o sistema de numeração de Fisher (SCHOEFS, 2002 citado por STREIT et al., 2005).

De acordo com Streit et al. (2005) os pigmentos envolvidos na fotossíntese são as clorofilas a e b, os carotenoides e as ficobilinas. A clorofila b, os carotenoides e as

ficobilinas constituem os chamados pigmentos acessórios. Destaca-se que, a clorofila apresenta coloração verde em virtude de apresentar picos de absorção de luz no comprimento de onda de 430 nm e 680 nm, nas faixas azul e vermelha do espectro, respectivamente, refletindo a maior parte da luz verde com comprimentos de onda intermediários entre azul e vermelho, em torno de 550 nm (KELLER, 2010; TAIZ e ZEIGER, 2008).

Na constituição da clorofila estão presentes o carbono, oxigênio, hidrogênio, nitrogênio e magnésio. O suprimento dos três primeiros elementos constituintes é facilmente alcançado, porém uma adubação desequilibrada pode dificultar a absorção de magnésio ou de nitrogênio, o que resulta em deficiência no conteúdo de compostos nitrogenados e de clorofila na folha (LIMA FILHO et al., 2009).

2.4. Estimativa do teor de pigmentos fotossintetizantes

Considerando a importância dos pigmentos fotossintetizantes, a medida do seu conteúdo nas plantas, em especial da clorofila nas espécies cultivadas, pode ser caracterizada como uma informação capaz de subsidiar o manejo das culturas, por estar relacionado, por exemplo, à concentração de nitrogênio nas folhas como destacado por Argenta et al. (2004) e Reis et al. (2006). Nesse sentido, a quantidade de clorofila na folha é normalmente expressa em termos de concentração (μg de clorofila g^{-1} de tecido) e conteúdo (μg de clorofila cm^{-2} de tecido). Algumas vezes, contudo, a concentração ou conteúdo é expressa em termos de mols por quantidade de massa ou área foliar, uma vez que o fluxo de fótons e a taxa de assimilação de carbono são geralmente expressos em unidades similares, o que permite um melhor entendimento dos processos fisiológicos (RICHARDSON et al., 2002).

A quantificação dos teores de clorofila pode ser realizada por métodos classificados como destrutivos ou não destrutivos. Tradicionalmente, os métodos clássicos são denominados de destrutivos ou invasivos pois requerem a conversão dos valores de absorbância determinados por espectrofotometria de um extrato de folhas (obtido por meio do uso de algum solvente), para valores de concentração de pigmentos, utilizando equações descritas previamente na literatura (RICHARDSON et

al., 2002). Outros métodos clássicos, dizem respeito a quantificação de clorofilas por método colorimétrico, como descrito por Amarante et al. (2008) e Wang et al. (2015). Entretanto, para a aplicação desses métodos, faz-se necessário a destruição do material vegetal para a preparação das amostras, o que torna elevado o custo do método, além do tempo demandado entre a extração da solução contendo a clorofila e as análises por espectrofotometria ou colorimetria.

Uma alternativa aos métodos destrutivos são os métodos ópticos não destrutivos, utilizados para a estimativa do conteúdo relativo de clorofila em folhas a partir das leituras realizadas por equipamentos portáteis, como descrito por vários estudos em diversas culturas (ARGENTA et al., 2001; RICHARDSON et al., 2002; NASCIMENTO, et al., 2011; BARBIERI JÚNIOR et al., 2012; RIGON ET AL., 2012 [a][b]; CONFORTO et al., 2014; LÔBO et al., 2016). Ressalta-se que esses métodos ópticos fornecem medidas instantâneas do índice de clorofila, o que lhes confere uma vantagem em comparação à metodologia clássica de quantificação. Contudo, os mesmos requerem o desenvolvimento de equações de calibração, que são modelos matemáticos os quais permitem a conversão dos valores arbitrários, indicados nos medidores portáteis, para unidades padrão.

2.5. Adubação nitrogenada da videira e fornecimento de N via fertirrigação

Os macronutrientes são elementos essenciais para o crescimento e o desenvolvimento das plantas e são assim denominados não por serem os mais importantes, mas os absorvidos e requisitados em maior quantidade. Dentre os macronutrientes, destaca-se o nitrogênio (N), absorvido pelas plantas principalmente nas formas de NO_3^- e NH_4^+ (REICHARDT e TIMM, 2004). Além da forma inorgânica (NO_3^- e NH_4^+), como destacado anteriormente, o nitrogênio também é encontrado no solo na forma orgânica (proteínas, aminoácidos, entre outras) (ALBUQUERQUE et al., 2009). Apresentando destacada importância para o ciclo produtivo da videira, a disponibilidade de nitrogênio é quase sempre um fator limitante, influenciando o crescimento da planta mais do que qualquer outro nutriente (RICHTER, 2008)

A mobilidade do nitrogênio na planta é bastante elevada e, em consequência, os sintomas de deficiência desse nutriente surgem primeiramente nas partes mais velhas da planta, a qual nessas condições, pode manifestar debilidade no desenvolvimento, apresentando folhas pequenas com coloração amarelada, baixo desenvolvimento vegetativo e radicular, encurtamento dos entrenós, brotações contorcidas e avermelhadas, baixo percentual de pegamento dos frutos, cachos pequenos e desuniformes, o que resulta numa baixa produtividade (ALBUQUERQUE et al., 2009). Por outro lado, segundo os mesmos autores, o excesso de nitrogênio pode resultar em aumento de vigor vegetativo das plantas, atraso na maturação dos cachos, dessecamento da ráquis e dos sarmentos, predisposição a doenças e desequilíbrio da relação carbono/nitrogênio (ALBUQUERQUE et al., 2009).

Segundo, Brunneto et al. (2007), a aplicação de N na videira, em geral, causa grande impacto na produção e nas características químicas da uva e do seu mosto e, conseqüentemente, no vinho. Avaliando a videira Cabernet Sauvignon cultivadas na submetida à aplicação de nitrogênio, os autores observaram que, apesar de não afetar a produção e os componentes de rendimento, a aplicação promoveu aumento dos valores de acidez total e N amoniacal e redução dos valores de antocianas no mosto, além do aumento na porcentagem do total de N e K na baga de uva (BRUNETO et al., 2007). Por sua vez, em estudo sobre a influência do manejo de irrigação e doses de nitrogênio sobre a qualidade da uva Niagara Rosada, Busato et al. (2011), concluíram que a aplicação de nitrogênio afeta as características químicas da baga da videira, aumentando os valores de sólidos solúveis e pH, e diminuindo a acidez titulável.

Com relação à influência da adubação nitrogenada no teor de clorofila, Silva (2015) observou diferenças significativas e uma relação diretamente proporcional quanto ao teor e índice relativo de clorofila a, b e total em folhas de videira cv Syrah submetida a fertirrigação. Techio et al. (2011), também observaram uma correlação positiva entre o índice relativo de clorofila e os teores de nitrogênio foliar em videira Niagara Rosada.

Assumindo a importância da nutrição mineral como fator de produção para a videira e, dentre os métodos de fornecimento de nutrientes para as plantas, a

fertirrigação pode ser definida como um método por meio do qual utiliza-se o sistema de irrigação como condutor e distribuidor de fertilizantes juntamente com a água de irrigação, utilizando fertilizantes líquidos ou sólidos e solúveis. Se caracteriza como uma prática essencial para o manejo das culturas irrigadas, principalmente quando se utilizam sistemas de irrigação localizada, tornando-se uma forma eficiente e econômica de adubação (SILVA e SOARES, 2009).

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo geral

Obter equações para conversão do teor de clorofila em folhas de videira de vinho (*Vitis vinifera* L.) cv Syrah expresso em unidade arbitrária para unidades do sistema internacional referentes a concentração e ao conteúdo de pigmentos a partir da correlação entre os resultados obtidos por método destrutivo e não destrutivo.

3.2. Objetivos específicos

Quantificar o teor de pigmentos fotossintéticos em folhas de videira de vinho (*Vitis vinifera* L.) cv Syrah, submetida a diferentes doses de adubação nitrogenada, por meio de método destrutivo e não destrutivo

Avaliar a variação temporal do teor de pigmentos fotossintéticos ao longo do ciclo de produção da videira de vinho em função das diferentes doses de nitrogênio fornecidas às plantas.

4. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização e caracterização da área experimental

O experimento descrito a seguir foi implantado no Campo Experimental de Bebedouro, instalação pertencente à Embrapa Semiárido (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) e localizada no município de Petrolina PE (latitude 9° 8' 8.9''S, longitude 40° 18' 33.6''O, altitude 373 m). O solo da área foi classificado como Argissolo Vermelho Amarelo Eutrófico Latossólico, textura média (SILVA, 2005). O clima da região de abrangência do município mencionado foi classificado como BSw^h, segundo a classificação climática de Köepen (REEDDY e AMORIN NETO, 1993).

A área experimental foi constituída por videiras (*Vitis vinifera* L.) cultivar Syrah enxertadas sobre o porta-enxerto Paulsen 1103, plantadas em julho de 2009, utilizando-se espaçamento de 3 metros entre linhas por 1 metro entre plantas, adotando-se o sistema de condução de espaldeira vertical, com três fios de arame. Destaca-se que a primeira poda de produção do parreiral foi realizada no mês de abril de 2010. Porém, o ciclo de produção avaliado no presente trabalho deu-se início em 11 de agosto de 2015, finalizando com a colheita dos frutos em 01 de dezembro de 2015, equivalendo a 112 dias após a poda de produção (DAP).

3.2. Descrição dos tratamentos

Os tratamentos adotados foram constituídos por cinco diferentes doses de nitrogênio (0, 15, 30, 60 e 120 kg ha⁻¹) e o ensaio foi disposto em delineamento em blocos casualizados (DBC), com três repetições. Cada unidade experimental (UE) foi composta de 18 plantas, sendo consideradas 2 plantas úteis para as avaliações de

pigmentos. O nitrogênio foi fornecido às plantas via fertirrigação nas formas de nitrato de potássio (KNO_3), nitrato de cálcio ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$), uréia ($\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$) e sulfato de amônio ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$).

3.3. Manejo de irrigação

O manejo de irrigação foi realizado com base em parâmetros meteorológicos locais. A determinação da lâmina de irrigação foi feita por meio dos valores diários de evapotranspiração da cultura (ET_c , mm dia^{-1}), resultantes do produto entre os valores de evapotranspiração de referência (ET_0 , mm dia^{-1}) e os coeficientes da cultura (k_c) correspondentes a cada estágio fenológico da videira de vinho cv. Syrah (BASSOI et al, 2007), de acordo com a Equação 1:

$$\text{ET}_c = \text{ET}_0 \cdot K_c \quad (1)$$

Os valores do coeficiente da cultura empregados foram de 0,7, 1,0, 1,0, 0,8 e 0,5 correspondentes aos estádios fenológicos de poda ao início de brotação, início do florescimento, frutificação, cacho formado e início de maturação, respectivamente. Por sua vez, as medidas de evapotranspiração de referência foram estimadas a partir de método indireto, obtidas pela equação de Penman-Monteith FAO (ALLEN et al., 1998). Estes dados foram provenientes da estação meteorológica automática situada no Campo Experimental de Bebedouro e localizada a cerca de 60 metros do experimento em questão. De acordo com Bernardo et al (2006) a equação de Penman-Monteith foi uma evolução da estimativa da ET_0 pelo método de Penman, sendo recomendado pela FAO como método padrão para estimativa da ET_0 .

A irrigação do parreiral foi realizada por método localizado por meio de um sistema de gotejamento, com emissores apresentando vazão de $4,0 \text{ L.h}^{-1}$ (litros por hora), espaçados a 0,5 metros na linha de plantio, sendo 2 emissores por planta. Para o cálculo do manejo de irrigação da área foi utilizado o registro de observações meteorológicas referentes ao dia anterior (ou aos dias anteriores) à data de irrigação. Ressalta-se que, para a determinação da lâmina de irrigação a ser aplicada, além do valor de evapotranspiração de referência (ET_0), também foi considerado o valor de

possível precipitação efetiva (P , mm dia^{-1}), ou seja, a precipitação útil ou utilizável. Os valores de precipitação também foram obtidos pela estação automática do Campo Experimental de Bebedouro.

O tempo de irrigação (T_i , h) foi calculado considerando a eficiência do sistema de irrigação (E_i , 90%), o espaçamento da cultura, o coeficiente de localização e o número de emissores por planta, conforme Bassoi (2011). Para o fator de ajuste ou coeficiente de localização considerou-se o valor de 0,5 m. Este fator de ajuste leva em conta a porcentagem da área molhada, ou da área sombreada (BERNARDO et al, 2006). Por sua vez, o cálculo da lâmina bruta aplicada (LB , mm dia^{-1}) foi feito por meio da razão entre a correção da evapotranspiração da cultura em função da precipitação e a eficiência do sistema de irrigação por gotejamento.

3.4. Manejo de fertirrigação

A fertirrigação foi realizada de forma periódica, uma vez a cada semana, segundo diferentes tempos de injeção e avanço da solução, propiciando a concentração dos fertilizantes na profundidade efetiva o sistema radicular da cultura, equivalente a 0,60 m para a videira cv Syrah enxertada sobre Paulsen 1103 (SILVA, 2005; BASSOI et al., 2007). A aplicação da solução foi fracionada, sendo 40% do total dos fertilizantes aplicados no início do ciclo de produção, iniciando-se na segunda semana após a poda e interrompendo-se após o florescimento e os 60% restantes após o florescimento.

3.4. Coleta dos dados e avaliações realizadas

A coleta de dados para avaliação dos pigmentos foliares foi realizada em folhas de mesma idade, intactas e saudáveis, em 12 datas específicas ao longo do ciclo de produção da videira de vinho, iniciando-se na fase vegetativa, após a presença de folhas completamente expandidas nas plantas e finalizando após a colheita das uvas. Nas diferentes datas de avaliação foram avaliadas folhas diferentes, porém foram consideradas aquelas localizadas na parte mediana dos ramos, geralmente opostas

aos cachos. As datas de avaliação corresponderam aos 36, 49, 59, 69, 79, 90, 100, 111, 122, 132, 147 e 157 DAP.

Segundo a escala fenológica de Einchhorn e Lorenz (1997) modificada por Coombe (KELLER, 2010), as datas de avaliação foram correspondentes aos seguintes estágios fenológicos da videira: final do período de crescimento vegetativo e floração plena ou início do ciclo reprodutivo (36 e 49 DAP), desenvolvimento das bagas (59 e 69 DAP), amadurecimento das bagas a colheita (79, 90, 100 e 111 DAP); e senescência (122, 132, 147 e 157).

O teor de pigmentos foliares foi determinado por método não destrutivo e método destrutivo. O primeiro método consistiu na quantificação do conteúdo relativo de clorofila a partir de um método óptico, utilizando um medidor portátil de clorofila, de modo a obter valores adimensionais que representam o índice de clorofila nas folhas. Os pigmentos avaliados por meio do método indireto foram: clorofila a (Chl_a), clorofila b (Chl_b) e clorofila total (Chl_{a+b}). O segundo método consistiu na quantificação da concentração e do conteúdo de pigmentos a partir da aplicação da técnica de espectrofotometria, utilizando a mensuração da absorção de comprimentos de onda por uma solução de clorofila obtida por extração de material foliar. Os pigmentos avaliados por meio do método direto foram: clorofila a (Chl_a), clorofila b (Chl_b), clorofila total (Chl_{a+b}) e carotenoides totais (C_{x+c} xantofilas + β -carotenos).

O índice de clorofila foi mensurado em condições de campo utilizando o medidor de clorofila portátil ClorofiLOG, modelo CFL 1030 (Falker Automação Agrícola). Esse dispositivo utiliza fotodiodos para emissão de três comprimentos de onda, dois dentro da banda do vermelho, próximo aos picos de cada tipo de clorofila (635 e 660nm) e um no infravermelho próximo (880nm). Na sequência, um sensor recebe a radiação transmitida através da estrutura foliar e, a partir desse dado, o aparelho fornece valores de leitura proporcionais à absorbância das clorofilas a, b e total (BARBIERI JÚNIOR et al., 2012). Essas leituras são expressas em unidade arbitrária, denominada índice de Clorofila Falker (ICF, adimensional).

Por sua vez, a concentração e conteúdo de clorofilas a, b e total e carotenoides totais foi mensurada em condições de laboratório, a partir de amostras coletadas em

campo nas mesmas folhas onde foram realizadas previamente as leituras do índice de clorofila. As amostras consistiram em quatro discos foliares com aproximadamente $1,1310 \text{ cm}^2$, dois dos quais foram colocadas em estufa para secagem a 65°C por 72 horas e pesadas, de modo a se obter a massa seca das mesmas. Os outros dois discos foram acondicionados em microtubos contendo 2,0 mL de álcool etílico 96,0% (v/v) e macerados a fim de se obter um extrato que foi centrifugado por 10 minutos a 10000 rpm e conservados a temperatura de -20°C . Posteriormente, a quantificação do teor de pigmentos foi realizada com o uso de um espectrofotômetro, a partir dos valores de absorvância do extrato (A , nm) nos comprimentos de onda de 470, 649 e 665nm, utilizando-se os coeficientes de extinção de acordo com as Equações 2, 3 e 4 (LICHTENTHALER e WELLBURN, 1983). Os resultados foram apresentados em $\mu\text{g ml}^{-1}$, considerando o volume do solvente utilizado.

$$\text{Chl}_a = 13,95A_{665} - 6,88A_{649} \quad (2)$$

$$\text{Chl}_b = 24,96A_{649} - 7,32A_{665} \quad (3)$$

$$\text{Chl}_{x+b} = (1000A_{470} - 2,05\text{Chl}_a - 114,8\text{Chl}_b)/245 \quad (4)$$

Tendo origem nesses resultados, a concentração e o conteúdo de pigmentos foi quantificada considerando-se a massa seca e a área dos discos foliares coletados, nessa ordem, sendo expressos em unidade de massa ($\mu\text{g g}^{-1}$ de tecido foliar) e área ($\mu\text{g cm}^{-2}$ de tecido foliar), respectivamente.

3.5. Análise de dados

A partir de análise de regressão, foram obtidas equações ajustadas aos dados empíricos, aqui também denominados equações de calibração, capazes de estimar valores da concentração e conteúdo de clorofilas (Chl_a , Chl_b e Chl_{a+b}), expressas em unidades padrão (variável dependente Y), utilizando as leituras fornecidas pelo medidor portátil de clorofila ClorofiLOG (variável independente X). Foi verificada a possível existência de associação linear entre os dados obtidos por ambos os métodos, representada pelo coeficiente de correlação de Pearson (r). A precisão desses modelos foi avaliada pela análise do coeficiente de determinação (r^2) e a validação dos mesmos foi obtida pela comparação entre os valores observados do

teor de clorofilas e os valores simulados pelos modelos, de acordo com uma análise de regressão linear entre esses dois conjuntos de informações. A análise de dados foi realizada utilizando-se as ferramentas do software Microsoft Office Excel.

Foi avaliada também a variação do teor de pigmentos foliares (Chl_a , Chl_b , Chl_{a+b} e C_{x+c}), em termos de concentração e conteúdo, em cada data de avaliação isoladamente e ao longo do ciclo produtivo da videira, em função das diferentes doses de nitrogênio aplicadas. Os dados considerados foram submetidos à análise de variância, segundo o teste F, de modo a verificar a significância das fontes de variação e a comparação entre médias das variáveis foi realizada pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. Essas análises foram realizadas a partir do uso do software SISVAR.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Determinação das equações de calibração

A Figura 1 ilustra os gráficos de dispersão correspondentes à relação entre índice/conteúdo e índice/concentração de clorofilas a (Chl_a), b (Chl_b) e total (Chl_{a+b}). Tal relação é representada na mesma figura por equações de regressão linear simples e respectivas linhas de previsão, seguido pelo coeficiente de determinação (r^2). Os coeficientes da regressão (b_0 - o intercepto de Y da amostra - e b_1 - a inclinação da amostra) são descritos com detalhes na Tabela 8, Anexo 2.

De acordo com a análise de variância (Tabela 7, Anexo 1), a significância da relação linear entre as variáveis foi confirmada pelo teste F, assumindo um nível de significância $\alpha = 0,05$ (valor-p < α para F). O teste t para o estimador do parâmetro referente à inclinação da população β_1 das equações de regressão linear obtidas (coeficiente b_1) também confirmou a significância da relação observada, assumindo um nível de significância $\alpha = 0,05$ (valor-p < α para b_1).

Ressalta-se que a natureza da associação entre as variáveis consideradas nesse estudo corrobora com outros resultados descritos em trabalhos semelhantes. Segundo os resultados obtidos por Conforto et al. (2014), equações de regressão linear fornecem os melhores ajustes no que diz respeito à conversão dos valores adimensionais referentes ao índice de Clorofila Falker (ICF) para valores expressos no sistema de unidades padrão relacionadas ao teor de clorofila em folhas de seringueira (*Hevea brasiliensis* L.). Uma equação de regressão linear é também apresentada por Rigon et al. (2012) para representar a relação entre o conteúdo de Chl_a e as leituras fornecidas pelo ClorofiLOG em folhas de mamoneira (*Ricinus communis* L.). De forma semelhante, Barbieri Júnior et al. (2012) obtiveram uma

relação linear entre o conteúdo de Chl_{a+b} e o índice de clorofila gerado pelo mesmo dispositivo, em folhas do capim Tifton 85 (*Cynodon spp.*). A mesma tendência dos resultados concernentes à correspondência entre os valores das variáveis discutidas tinha sido observada em estudos anteriores, a exemplo dos resultados obtidos por Argenta et al. (2001) para o conteúdo de Chl_a , Chl_b e Chl_{a+b} em folhas de milho.

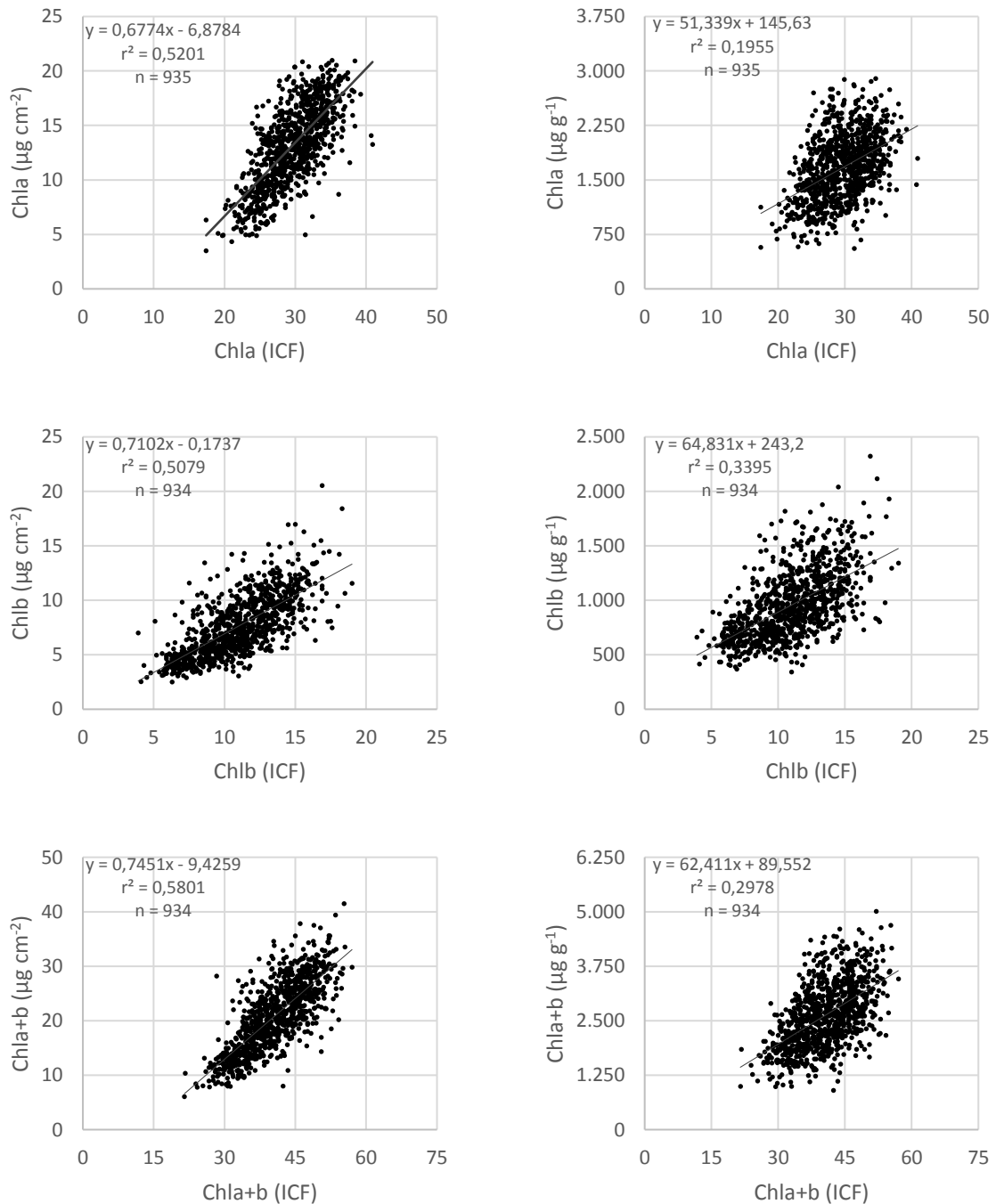


Figura 1. Relação entre os teores de clorofila foliar obtidos por método não destrutivo (expressos em ICF) e por método destrutivo (expressos em $\mu\text{g cm}^{-2}$ e $\mu\text{g g}^{-1}$).

Destaca-se que, para todos os modelos considerados, uma correlação positiva foi observada ($0 < r < 1$) devido à variação dos valores do ICF ser diretamente proporcional à variação dos valores de concentração e conteúdo de clorofila em folhas de videira de vinho quantificados por meio de extração. O teste t para o coeficiente de correlação confirmou a existência de associação significativa referente à todas as relações expressas pelas equações de regressão, considerando um nível de significância $\alpha = 0,05$ ($t_{\text{STAT}} > t_{\alpha/2}$). Contudo, apesar da sua significância, a magnitude dessa correlação foi considerada moderada em função dos valores obtidos para o coeficiente de correlação ($0,45 < r < 0,75$), apresentando valores menores especialmente em se tratando da associação entre ICF e concentração de pigmentos ($\mu\text{g g}^{-1}$ de tecido foliar). Isso pode ser explicado pela expressiva variação da massa seca dos discos foliares coletados, visto que a área dos mesmos apresentou um valor fixo e maiores valores de r foram obtidos na avaliação da relação entre ICF e conteúdo de pigmentos ($\mu\text{g cm}^{-2}$ de tecido foliar). Dessa forma, os valores referentes ao coeficiente de correlação foram de 0,4421, 0,5827 e 0,5457 para Chl_a, Chl_b e Chl_{a+b}, respectivamente, considerando a relação entre ICF e concentração de clorofilas e 0,7212, 0,7127 e 0,7616 para Chl_a, Chl_b e Chl_{a+b}, respectivamente, assumindo a relação ICF e conteúdo de clorofilas.

Por sua vez, a partir da avaliação do coeficiente de determinação (r^2), foi observado que apenas uma porção limitada da variação da concentração e conteúdo de Chl_a, Chl_b e Chl_{a+b}, quantificados por método destrutivo, pode ser representada pela variação do índice de clorofila medido por método óptico não destrutivo, por meio da utilização do ClorofiLOG 1030. Os valores concernentes ao coeficiente de determinação foram de 0,1955, 0,3395 e 0,2978 para Chl_a, Chl_b e Chl_{a+b}, respectivamente, considerando a relação entre ICF e concentração de clorofilas e 0,5201, 0,5079 e 0,5801 para Chl_a, Chl_b e Chl_{a+b}, respectivamente, assumindo a relação ICF e conteúdo de clorofilas. Portanto, as equações de regressão linear obtidas a partir dos dados empíricos não apresentaram uma boa precisão como equações de calibração destinadas à estimativa do teor de clorofilas em folhas de videira de vinho expresso em unidades padrões a partir das leituras do clorofiLOG.

A Figura 2 apresenta os gráficos de dispersão representando a relação linear entre os valores observados (variável dependente X) e os correspondentes valores

estimados a partir das equações de regressão (variável independente Y) de conteúdo e concentração de clorofilas em folhas de videira de vinho.

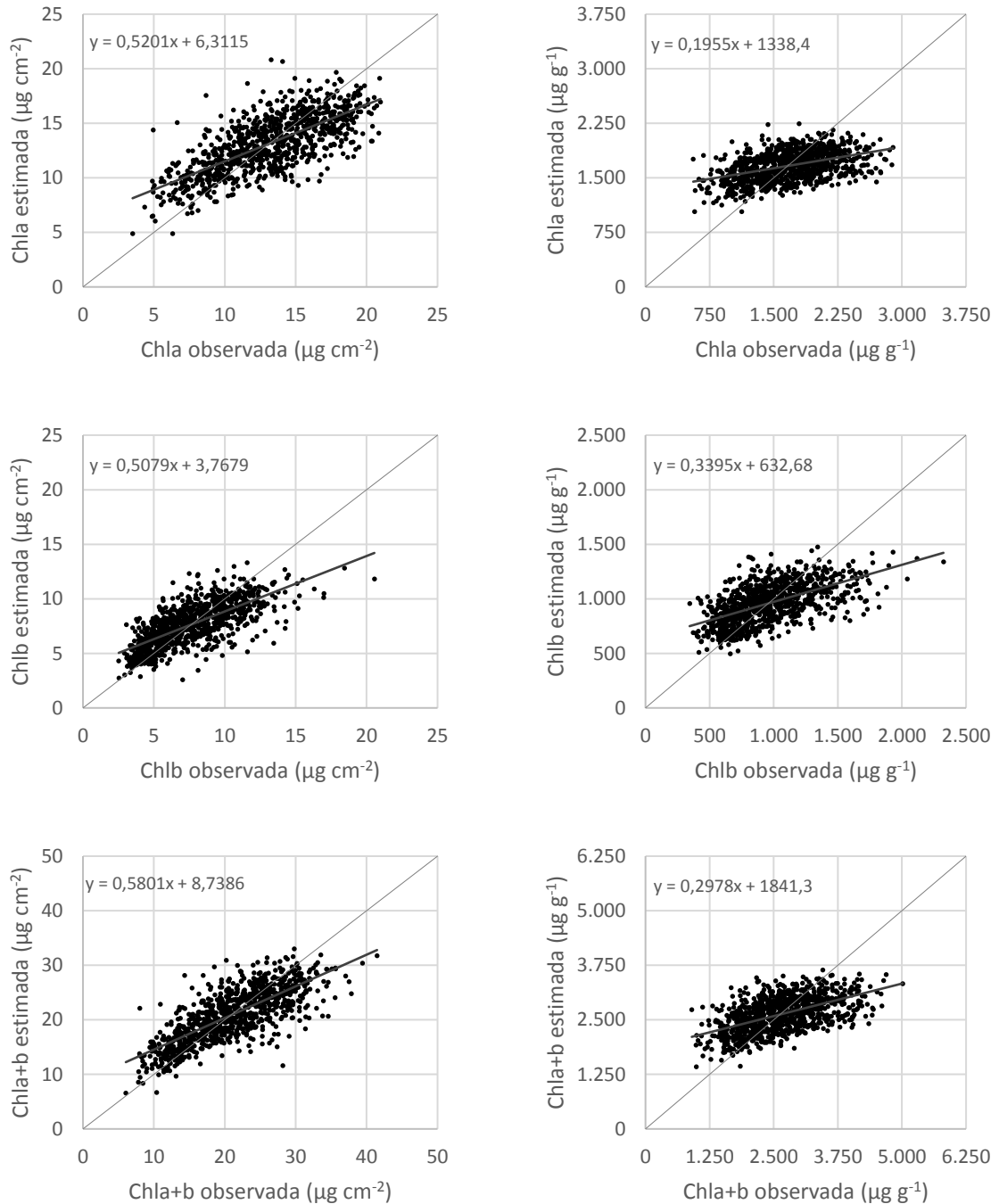


Figura 2. Relação entre os teores de clorofila obtidos por método destrutivo e estimados a partir de equações de regressão linear.

Os coeficientes referentes ao intercepto e inclinação (b_0 e b_1 , respectivamente) dessas funções lineares confirmam novamente a reduzida capacidade preditiva das

equações de regressão ajustadas. Uma melhor qualidade das estimativas é obtida se os valores dos coeficientes relativos aos parâmetros b_0 e b_1 fossem próximos a 0,0 e 1,0, respectivamente. Por fim, em relação às medidas de variação, o erro padrão da estimativa foi de 402,9541, 249,9503 e 614,9858 $\mu\text{g g}^{-1}$ e 2,5177, 1,9326 e 4,0681 $\mu\text{g cm}^{-2}$ para Chl_a, Chl_b e Chl_{a+b}, respectivamente, considerando a concentração e o conteúdo de clorofilas.

5.2. Variação do teor de pigmentos em função da adubação nitrogenada

A amplitude dos valores de pigmentos fotossintéticos obtidos por ambos os métodos é apresentada na Tabela 1. De forma geral, valores superiores foram observados aos 111 e 122 DAP, enquanto valores inferiores foram obtidos no início (36 e 49 DAP) ou ao final das avaliações (157 DAP), 45 dias após o final do ciclo.

Tabela 1. Amplitude dos teores de pigmentos fotossintéticos em folhas de videira de vinho cv Syrah.

	Máximo	DAP	Mínimo	DAP	Média	Erro padrão
ICF						
Chl _a	40,9000	122	17,4000	36	29,5688	± 0,1265
Chl _b	19,0000	111	3,9000	157	11,0244	± 0,0904
Chl _{a+b}	57,0000	111	21,5000	36	40,5781	± 0,2099
$\mu\text{g g}^{-1}$						
Chl _a	2896,1806	122	558,0597	157	1663,6433	± 14,6842
Chl _b	2323,6800	122	344,4776	157	957,9299	± 10,0582
Chl _{a+b}	5012,8258	122	902,5373	157	2622,0696	± 24,0007
C _{x+c}	684,3205	59	52,7980	90	343,1108	± 3,8599
$\mu\text{g cm}^{-2}$						
Chl _a	20,9764	111	3,4978	36	13,1509	± 0,1188
Chl _b	20,5458	122	2,5191	49	7,6561	± 0,0901
Chl _{a+b}	41,4698	122	6,0420	36	20,8091	± 0,2053
C _{x+c}	4,6666	69	0,4458	90	2,6915	± 0,0276

As Tabelas 2, 3 e 4 apresentam os valores médios, seguidos dos resultados referentes ao teste de comparação de médias dos teores de clorofilas obtidos ao longo do ciclo de produção da videira de vinho e estimados por método destrutivo e não destrutivo. A comparação entre médias é feita isoladamente, em cada data de avaliação, em função das diferentes doses de nitrogênio aplicadas e também ao longo do ciclo de produção, considerando os dias após a poda (DAP). Ambos os métodos foram capazes de detectar diferenças significativas em relação as doses de nitrogênio em alguns pontos de avaliação coincidentes. O principal resultado que demonstra esse comportamento foi observado aos 157 DAP, para Chl_a, Chl_b e Chl_{a+b} em todos os métodos de quantificação, ocasião na qual a dose de 120,0 kg de N ha⁻¹ proporcionou o maior teor de pigmentos em comparação às demais. O incremento de clorofila relacionado à aplicação de nitrogênio, observado nessa data de avaliação, pode ser evidência do consumo de luxo desse nutriente pelas plantas, o qual, por definição, resulta na concentração de N na planta bem acima do nível adequado (ARGENTA et al., 2002), levando em conta este é um dos principais constituintes da clorofila, considerada como variável nesse estudo.

Os valores do teor de pigmentos referentes à dose de 120,0 kg de N ha⁻¹ também diferiram daqueles relacionados às outras doses no que diz respeito ao índice de clorofila para Chl_a e Chl_b aos 59 e 79 DAP e aos 59, 79 e 100 DAP para o ICF referente à Chl_{a+b}. Entretanto, ainda levando em conta a diferença significativa em comparação aos outros tratamentos, a avaliação do conteúdo de clorofilas resultou em maiores valores médios proporcionais à dose de 120 kg de N ha⁻¹ aos 49 e 90 DAP para Chl_b e Chl_{a+b} e aos 49, 79 e 90 para Chl_a. Por sua vez, a mesma dose de nitrogênio promoveu maiores concentrações de clorofilas Chl_a e Chl_{a+b} apenas aos 132 DAP e de Chl_b aos 59 e 132 DAP, sendo semelhantes àquelas associadas à dose de 60 kg de N ha⁻¹ e diferente das demais aos 59, 69 e 90 DAP para Chl_a e Chl_{a+b} e aos 69 e 70 DAP para Chl_b. O acréscimo no teor de pigmentos em folhas de videiras Cabernet Sauvignon e Xinomavro (*Vitis vinifera* L.) em função de doses crescentes de N também foi observado por Taskos et al. (2015). O mesmo ocorre para outras culturas, a exemplo dos resultados descritos por Theago et al. (2014), os quais verificaram que a elevação da aplicação de N até as doses de 134 e 128 kg ha⁻¹ aumentou as concentrações foliares desse nutriente bem como de clorofila dos cultivares de trigo (*Triticum aestivum* L.) IAC 370 e Embrapa 21.

Tabela 2. Valores médios referentes ao índice de clorofila (ICF) em folhas de videira cv Syrah submetida a diferentes doses de N obtidos ao longo dos dias após a poda de produção (DAP) da cultura.

N (kg ha ⁻¹)	DAP											
	36	49	59	69	79	90	100	111	122	132	147	157
Chl a (ICF)												
0	24,1111 Ac	26,0333 Ac	26,1556 Bc	27,9889 Bb	29,9833 Ba	29,1167 Aa	30,8167 Ba	30,9167 Aa	31,8278 Aa	30,7778 Aa	30,8889 Aa	27,6167 Bb
15	21,8250 Bd	25,8667 Ac	26,1833 Bc	29,6667 Ab	29,7083 Bb	30,7583 Ab	32,9917 Aa	31,8417 Aa	31,6917 Aa	30,6833 Ab	30,7333 Ab	27,7417 Bc
30	23,6833 Ad	25,2667 Ac	25,7667 Bc	28,4500 Bb	30,8167 Ba	29,7056 Ab	31,8611 Ba	32,7333 Aa	32,0000 Aa	31,8833 Aa	31,8000 Aa	28,9333 Bb
60	23,7000 Ad	26,5917 Ac	26,5667 Bc	29,6917 Ab	30,4333 Bb	29,9833 Ab	32,7667 Aa	34,3917 Aa	31,3667 Ab	30,1167 Ab	32,1000 Aa	27,5833 Bc
120	24,2778 Ad	26,4222 Ac	27,7389 Ac	29,6222 Ab	32,5444 Aa	31,2722 Ab	33,1778 Aa	33,2222 Aa	33,3333 Aa	32,2333 Aa	32,5889 Aa	30,6667 Ab
Chl b (ICF)												
0	7,3722 Ad	7,8389 Bd	10,5611 Bb	9,8000 Ac	10,5111 Bb	10,8500 Ab	12,5444 Aa	13,5278 Aa	12,1056 Aa	11,5500 Ab	11,0167 Ab	9,8056 Bc
15	5,9917 Bd	7,5667 Bc	10,1333 Bb	10,6667 Ab	10,1917 Bb	11,4000 Ab	13,1500 Aa	13,7000 Aa	12,6583 Aa	11,8333 Aa	10,7167 Ab	9,7250 Bb
30	6,5222 Bc	7,6444 Bc	10,3611 Bb	10,3889 Ab	11,0889 Ab	11,0778 Ab	12,5167 Aa	14,2556 Aa	13,2556 Aa	12,7833 Aa	11,3167 Ab	10,4056 Bb
60	6,7667 Ae	8,4250 Ad	11,0083 Bc	11,0333 Ac	10,4167 Bc	11,3417 Ac	13,2333 Ab	15,5500 Aa	12,7583 Ab	11,3583 Ac	11,4667 Ac	8,7333 Bd
120	7,1500 Ad	8,7778 Ac	11,9500 Ab	11,0556 Ab	11,9444 Ab	12,1333 Ab	13,6500 Aa	14,6611 Aa	14,2278 Aa	12,6444 Ab	11,4611 Ab	12,0056 Ab
Chl a+b (ICF)												
0	31,4833 Ac	33,8722 Ac	36,7167 Bb	37,7889 Ab	40,4944 Ba	39,9667 Aa	43,3611 Ba	44,4444 Aa	43,9333 Aa	42,3278 Aa	41,9056 Aa	37,4222 Bb
15	27,8167 Be	33,4333 Ad	36,3167 Bc	40,3333 Ab	39,9000 Bb	42,1583 Ab	46,1417 Aa	45,5417 Aa	44,3500 Aa	42,5167 Ab	41,4500 Ab	37,4667 Bc
30	30,2056 Ad	32,9111 Ad	36,1278 Bc	38,8389 Ab	41,9056 Bb	40,7833 Ab	44,3778 Ba	46,9889 Aa	45,2556 Aa	44,6667 Aa	43,1167 Aa	39,3389 Bb
60	30,4667 Ae	35,0167 Ad	37,5750 Bd	40,7250 Ac	40,8500 Bc	41,3250 Ac	46,0000 Ab	49,9417 Aa	44,1250 Ac	41,4750 Ac	43,5667 Ac	36,3167 Bd
120	31,4278 Af	35,2000 Ae	39,6889 Ad	40,6778 Ad	44,4889 Ab	43,4056 Ac	46,8278 Aa	47,8833 Aa	47,5611 Aa	44,8778 Ab	44,0500 Ab	42,6722 Ac

Médias seguidas pela mesma letra, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si segundo o teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. Valores médios obtidos a partir de 18 (0, 30 e 120 kg ha⁻¹) e 12 observações (15 e 60 kg ha⁻¹).

Tabela 3. Valores médios referentes ao conteúdo de clorofila ($\mu\text{g cm}^{-2}$ de tecido) em folhas de videira cv Syrah submetida a diferentes doses de N obtidos ao longo dos dias após a poda de produção (DAP) da cultura.

N (kg ha^{-1})	DAP											
	36	49	59	69	79	90	100	111	122	132	147	157
Chl a ($\mu\text{g cm}^{-2}$)												
0	7,0597 Ad	9,5368 Bc	11,0705 Bc	12,1054 Bb	13,6081 Bb	12,8018 Bb	14,1524 Aa	14,9881 Aa	15,7779 Aa	12,9247 Ab	12,6565 Ab	10,5932 Bc
15	6,1195 Be	8,6224 Bd	11,5578 Bb	13,0645 Bb	13,7952 Bb	14,1663 Bb	15,5320 Aa	16,1742 Aa	16,4813 Aa	13,0856 Ab	12,7074 Ab	10,6306 Bc
30	7,4543 Ae	9,8317 Bd	12,2265 Bc	12,9560 Bc	14,6594 Bb	14,5455 Bb	13,8426 Ab	16,4820 Aa	16,9167 Aa	13,8307 Ab	13,1766 Ac	10,6023 Bd
60	7,0888 Ad	9,6388 Bc	13,0914 Ab	14,0932 Ab	14,8052 Bb	14,5601 Bb	14,1891 Ab	15,8063 Aa	17,2799 Aa	14,0606 Ab	13,6437 Ab	10,7901 Bc
120	7,0085 Ae	11,0430 Ad	14,0876 Ac	14,6192 Ac	16,0865 Ab	16,1407 Ab	15,9447 Ab	17,0789 Aa	17,7065 Aa	15,4533 Ab	14,5243 Ac	13,0619 Ac
Chl b ($\mu\text{g cm}^{-2}$)												
0	4,4286 Ad	4,3411 Bd	5,0245 Bd	5,3099 Bd	8,0452 Bb	7,4406 Bb	8,4099 Ab	9,4605 Aa	9,4237 Aa	8,0368 Ab	7,9678 Ab	6,5859 Bc
15	3,8365 Bd	4,0412 Bd	5,3404 Bc	5,9026 Bc	8,0362 Bb	8,0617 Bb	9,3587 Aa	10,1229 Aa	10,8270 Aa	8,3142 Ab	7,8362 Ab	6,5033 Bc
30	4,6767 Ad	4,4811 Bd	5,5086 Bc	5,8180 Bc	8,9094 Ab	8,7699 Bb	8,2578 Ab	10,2288 Aa	10,6719 Aa	8,6626 Ab	8,3136 Ab	6,3189 Bc
60	4,3708 Ad	4,3857 Bd	6,1559 Ac	6,7000 Ac	9,2524 Ab	8,5787 Bb	8,5532 Ab	9,6395 Ab	10,8641 Aa	8,6363 Ab	8,7135 Ab	6,4668 Bc
120	4,5886 Ad	5,1155 Ad	6,9861 Ac	6,8225 Ac	10,0902 Ab	9,9359 Ab	9,8605 Ab	10,8489 Aa	11,4215 Aa	9,8142 Ab	9,4207 Ab	8,0067 Ac
Chl a+b ($\mu\text{g cm}^{-2}$)												
0	11,4883 Ad	13,8779 Bd	16,0950 Bc	17,4154 Bc	21,6533 Bb	20,2424 Bb	22,5622 Bb	24,4487 Aa	25,2015 Aa	20,9615 Ab	20,6243 Ab	17,1791 Bc
15	9,9560 Bd	12,6636 Bd	16,8982 Bc	18,9672 Bb	21,8314 Bb	22,2280 Bb	24,8907 Aa	26,2971 Aa	27,3082 Aa	21,3998 Ab	20,5436 Ab	17,1339 Bc
30	12,1310 Ad	14,3128 Bd	17,7351 Bc	18,7740 Bc	23,5688 Ab	23,3154 Bb	22,1004 Bb	26,7108 Aa	27,5886 Aa	22,4932 Ab	21,4902 Ab	16,9212 Bc
60	11,4596 Ad	14,0244 Bd	19,2474 Ab	20,7932 Ab	24,0576 Ab	23,1388 Bb	22,7422 Bb	25,4458 Aa	28,1440 Aa	22,6969 Ab	22,3572 Ab	17,2569 Bc
120	11,5971 Af	16,1585 Ae	21,0737 Ad	21,4417 Ad	26,1767 Ad	26,0767 Ab	25,8052 Ab	27,9279 Aa	29,1281 Aa	25,2675 Ab	23,9451 Ac	21,0686 Ad

Médias seguidas pela mesma letra, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si segundo o teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. Valores médios obtidos a partir de 18 (0, 30 e 120 kg ha^{-1}) e 12 observações (15 e 60 kg ha^{-1}).

Tabela 4. Valores médios referentes à concentração de clorofila ($\mu\text{g g}^{-1}$ de massa seca) em folhas de videira cv Syrah submetida a diferentes doses de N obtidos ao longo dos dias após a poda de produção (DAP) da cultura.

N (kg ha^{-1})	DAP											
	36	49	59	69	79	90	100	111	122	132	147	157
Chl a ($\mu\text{g g}^{-1} 1000^{-1}$)												
0	1,1012 Bc	1,4887 Bb	1,6951 Ba	1,7032 Ba	1,7879 Aa	1,7381 Ba	1,7314 Aa	1,6450 Aa	1,8493 Aa	1,4931 Bb	1,4040 Ab	1,1719 Bc
15	0,9870 Bc	1,3955 Bb	1,7535 Ba	1,7616 Ba	1,8336 Aa	1,7486 Ba	1,7486 Aa	1,6825 Aa	1,7647 Aa	1,4723 Bb	1,3422 Ab	1,1301 Bc
30	1,2324 Ad	1,6313 Ab	1,9146 Ba	1,8530 Ba	1,8466 Aa	1,8027 Ba	1,6368 Ab	1,7145 Ab	1,8524 Aa	1,6494 Bb	1,4758 Ac	1,1870 Bd
60	1,0470 Bc	1,4129 Bb	2,0874 Aa	1,9582 Aa	1,9237 Aa	1,9394 Aa	1,7790 Aa	1,7199 Aa	1,9927 Aa	1,5509 Bb	1,5998 Ab	1,2673 Bc
120	1,0493 Bd	1,6686 Ac	2,2737 Aa	2,0615 Aa	2,0887 Aa	2,0300 Aa	1,9584 Ab	1,8677 Ab	1,9078 Ab	1,9307 Ab	1,6403 Ac	1,4868 Ac
Chl b ($\mu\text{g g}^{-1} 1000^{-1}$)												
0	0,6900 Bc	0,6773 Bc	0,7721 Cc	0,7470 Bc	1,0577 Ba	1,0115 Aa	1,0301 Aa	1,0382 Aa	1,1054 Aa	0,9324 Bb	0,8855 Ab	0,7296 Bc
15	0,6186 Bb	0,6532 Bb	0,8105 Cb	0,7984 Bb	1,0725 Ba	0,9943 Aa	1,0498 Aa	1,0507 Aa	1,1600 Aa	0,9398 Ba	0,8292 Ab	0,6917 Bb
30	0,7749 Ab	0,7431 Ab	0,8624 Cb	0,8324 Bb	1,1218 Ba	1,0841 Aa	0,9774 Aa	1,0639 Aa	1,1698 Aa	1,0319 Ba	0,9351 Aa	0,7087 Bb
60	0,6443 Bc	0,6438 Bc	0,9820 Bb	0,9294 Ab	1,2045 Aa	1,1438 Aa	1,0709 Ab	1,0500 Ab	1,2628 Aa	0,9543 Bb	1,0261 Ab	0,7609 Bc
120	0,6894 Bc	0,7733 Ac	1,1223 Aa	0,9601 Ab	1,3104 Aa	1,2507 Aa	1,2120 Aa	1,1845 Aa	1,2333 Aa	1,2281 Aa	1,0643 Aa	0,9105 Ab
Chl a+b ($\mu\text{g g}^{-1} 1000^{-1}$)												
0	1,7912 Bd	2,1660 Bc	2,4672 Bb	2,4502 Bb	2,8455 Aa	2,7497 Ba	2,7615 Aa	2,6832 Aa	2,9547 Aa	2,4255 Bb	2,2895 Ac	1,9015 Bd
15	1,6056 Bb	2,0487 Bb	2,5639 Ba	2,5600 Ba	2,9061 Aa	2,7429 Ba	2,7985 Aa	2,7332 Aa	2,9247 Aa	2,4121 Ba	2,1715 Ab	1,8217 Bb
30	2,0073 Ac	2,3744 Ab	2,7770 Ba	2,6853 Ba	2,9683 Aa	2,8868 Ba	2,6142 Aa	2,7784 Aa	3,0222 Aa	2,6813 Ba	2,4109 Ab	1,8958 Bc
60	1,6913 Bb	2,0566 Bb	3,0694 Aa	2,8877 Aa	3,1282 Aa	3,0832 Aa	2,8499 Aa	2,7698 Aa	3,2554 Aa	2,5051 Ba	2,6259 Aa	2,0282 Bb
120	1,7388 Bc	2,4418 Ab	3,3961 Aa	3,0216 Aa	3,3991 Aa	3,2807 Aa	3,1704 Aa	3,0521 Aa	3,1411 Aa	3,1588 Aa	2,7046 Ab	2,3973 Ab

Médias seguidas pela mesma letra, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si segundo o teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. Valores médios obtidos a partir de 18 (0, 30 e 120 kg ha^{-1}) e 12 observações (15 e 60 kg ha^{-1}).

Resultados semelhantes foram relatados por Carvalho et al. (2003), Teixeira Filho et al. (2010) e Deon et al. (2013) para as culturas do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), trigo (*Triticum aestivum*) e pera (*Pyrus comunis*). Novamente, a explicação para esse comportamento diz respeito à função do nitrogênio na planta, principalmente na constituição das clorofilas, em razão de sua grande parte, cerca de 50 a 70% do N nas folhas, tornar-se integrante de enzimas associadas aos cloroplastos (CHAPAMN e BARRETO, 1997).

Ressalta-se que a recomendação de adubação nitrogenada para a videira de vinho é de no máximo 90 kg ha⁻¹, em condições de baixos teores de matéria orgânica (< 20 g kg⁻¹), em aplicações parceladas a partir de 30 dias após o plantio até o 8 mês de crescimento (ALBUQUERQUE et al., 2009). Contudo, a adubação na fase de produção deve se basear no desenvolvimento vegetativo da cultura e no tipo de produto que se deseja obter, uma vez que a qualidade do vinho é influenciada pela absorção de nutrientes pela planta (ALBUQUERQUE et al., 2009). Ressalta-se também que a nutrição da planta exerce influência fundamental sobre o acúmulo de reservas, pois a videira quando submetida a uma elevada quantidade de nitrogênio acaba por ser estimulada a alongar o período vegetativo, com prejuízo de substâncias que iriam se acumular nos órgãos anuais e perenes para o desenvolvimento (PIRES e POMMER, 2003).

A partir dos resultados obtidos por ambos os métodos, na fase do ciclo produtivo correspondente à floração plena (36 DAP) também foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos em relação aos teores de clorofilas. Porém, a associação entre doses crescentes de nitrogênio e incremento dos teores de pigmentos nas folhas descrita anteriormente não foi observada. Assim, não foi possível inferir que as maiores doses de nitrogênio aplicadas influenciaram positivamente essa variável nesse ponto do ciclo produtivo. A ausência de influência das doses de N demonstra que a adubação com esse nutriente no início do ciclo de produção da videira não apresenta efetividade, principalmente no que diz respeito a correção de possível deficiência do mesmo na planta, em função da forte dependência da videira pelas suas reservas de N logo após a brotação, como afirmado por Keller (2010). Nesse sentido, apesar de a demanda de nitrogênio pela videira ser maior entre a brotação e a floração, o aporte de N do solo aumenta progressivamente ao longo da

floração, frutificação e primeira fase de crescimento das bagas, podendo aumentar ainda mais após verasion (KELLER, 2010).

Segundo o método indireto, aos 36 DAP, os menores índices de Chl_a e Chl_{a+b} foram relacionados à dose de 15 kg ha^{-1} sendo que, para Chl_b , os menores valores foram associados às doses de 15 e 30 kg ha^{-1} , enquanto as demais dosagens não proporcionaram diferenças entre si em ambos os casos. Na mesma data de avaliação, o método direto de estimativa do teor de pigmentos possibilitou que fossem observados menores valores de conteúdo de Chl_a , Chl_b e Chl_{a+b} em relação a aplicação de 15 kg ha^{-1} . Contudo, de maneira contrária aos resultados anteriores, a maior concentração de Chl_a , Chl_b e Chl_{a+b} foi atribuída ao tratamento de 30 kg ha^{-1} .

Ao se observar a variação ao longo dos DAP, de acordo com o método não destrutivo, os maiores valores médios para Chl_a , Chl_b e Chl_{a+b} , respectivamente, foram observados aos 111 e aos 120 DAP, porém nessas datas não foi verificado efeito dos tratamentos no índice de clorofila medido pelo equipamento, os quais não diferiram entre si. Comportamento semelhante foi observado para a estimativa do conteúdo de clorofilas Chl_a , Chl_b e Chl_{a+b} . Por sua vez, no que diz respeito a estimativa da concentração de pigmentos, os maiores valores foram observados aos 90 e 122 DAP em relação à Chl_b e aos 79, 100, 111 e 122 DAP para Chl_{a+b} , considerando a ausência de diferença significativa entre os tratamentos. Contudo, nessas mesmas condições, apenas aos 79 DAP foram obtidas as maiores médias de Chl_a .

A Tabela 5 apresenta os valores médios, seguidos dos resultados referentes ao teste de comparação de médias, dos teores de carotenoides totais obtidos ao longo do ciclo de produção da videira de vinho e estimados por método destrutivo. De modo geral, considerando isoladamente os dias após a poda de produção, as diferentes doses de N não proporcionaram diferenças significativas na concentração e conteúdo de carotenoides totais. Contudo, a variação desses pigmentos obedeceu um padrão semelhante ao identificado para clorofilas, na qual as diferenças significativas foram verificadas ao longo do ciclo de produção, com o incremento da idade das folhas. Destaca-se que, apenas aos 142 DAP, foram identificadas diferenças significativas para a concentração e conteúdo de carotenoides totais, no qual os resultados referentes às doses de 0 , 60 e 120 kg ha^{-1} não diferiram entre si, porém foram maiores

em relação àqueles referentes às doses de 15 e 30 kg ha⁻¹. Para o conteúdo de carotenoides, as diferenças foram identificadas também aos 132 DAP, data na qual a dose de 120 kg ha⁻¹ promoveu maiores teores desses pigmentos em comparação às demais.

Tabela 5. Valores médios referentes à concentração e conteúdo de carotenoides totais em folhas de videira cv Syrah submetida a diferentes doses de N obtidos ao longo dos dias após a poda de produção (DAP) da cultura.

N (kg ha ⁻¹)	DAP											
	36	49	59	69	79	90	100	111	122	132	147	157
	Cx+c (µg cm ⁻²)											
0	0,9461 Ae	2,4388 Ac	2,7299 Ac	3,1128 Ab	3,0456 Ab	2,7923 Ac	2,9223 Ab	3,0806 Ab	3,5183 Aa	2,6161 Ac	2,6808 Ac	1,6835 Ad
15	0,8046 Ae	2,1921 Ac	2,6249 Ab	3,1188 Aa	3,2678 Aa	3,0933 Aa	3,1328 Aa	3,2716 Aa	3,3812 Aa	2,5239 Ab	2,2939 Bc	1,7419 Ad
30	0,9877 Ad	2,5400 Ab	3,0347 Aa	3,2947 Aa	3,1892 Aa	2,8465 Ab	2,8117 Ab	3,2254 Aa	3,5294 Aa	2,7364 Ab	2,5044 Bb	1,6882 Ac
60	0,9281 Ad	2,4543 Ab	3,0149 Ab	3,3470 Aa	3,0293 Ab	2,9230 Ab	2,8027 Ab	3,2726 Aa	3,4534 Aa	2,7287 Ab	2,6991 Ab	1,7456 Ac
120	0,9589 Ad	2,6913 Ab	3,0386 Ab	3,4095 Aa	3,1312 Aa	2,8783 Ab	2,8591 Ab	3,2667 Aa	3,4121 Aa	3,0173 Ab	2,8064 Ab	1,9715 Ac
	Cx+c (µg g ⁻¹ 1000 ⁻¹)											
0	0,1468 Ad	0,3806 Aa	0,4165 Ba	0,4365 Aa	0,3992 Aa	0,3795 Aa	0,3595 Ab	0,3378 Ab	0,4136 Aa	0,3022 Bc	0,2966 Ac	0,1867 Ad
15	0,1301 Ae	0,3548 Ab	0,3963 Ba	0,4185 Aa	0,4325 Aa	0,3828 Ab	0,3540 Ab	0,3418 Ab	0,3635 Ab	0,2838 Bc	0,2413 Bc	0,1841 Ad
30	0,1629 Ae	0,4212 Ab	0,4749 Aa	0,4703 Aa	0,4004 Ab	0,3550 Ac	0,3328 Ac	0,3350 Ac	0,3868 Ac	0,3302 Bc	0,2797 Bd	0,1881 Ae
60	0,1361 Ae	0,3590 Ab	0,4804 Aa	0,4649 Aa	0,3911 Ab	0,3910 Ab	0,3516 Ab	0,3546 Ab	0,3955 Ab	0,3023 Bc	0,3194 Ac	0,2058 Ad
120	0,1435 Ae	0,4067 Ab	0,4925 Aa	0,4819 Aa	0,4069 Ab	0,3618 Ac	0,3508 Ac	0,3590 Ac	0,3680 Ac	0,3762 Ac	0,3205 Ac	0,2245 Ad

Médias seguidas pela mesma letra, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si segundo o teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. Valores médios obtidos a partir de 18 (0, 30 e 120 kg ha⁻¹) e 12 observações (15 e 60 kg ha⁻¹).

As Figuras 3 a 8 apresentam os valores médios dos teores de clorofilas seguidos pela linha de tendência representando a variação desses pigmentos ao longo do ciclo produtivo da videira. Os resultados permitiram concluir que, independente das doses de N aplicadas, ocorreu uma variação temporal dos teores de clorofila em função das fases fenológicas das plantas, a qual se deu em função do estágio de maturação das folhas, o que permitiu inferir que houve degradação da clorofila em relação à duração do ciclo produtivo e idade das folhas. Destaca-se ainda que o padrão dessa variação pode ser representado por uma parábola, visto que o comportamento se assemelha a uma função polinomial de 2º grau e foi identificado de forma similar pelo método destrutivo e pelo não-destrutivo de quantificação de pigmentos. Assim, verificou-se que os teores de clorofila atingiram o pico em folhas maduras, quando a planta se encontrava em estágio próximo a data de colheita dos frutos e valores inferiores nas folhas jovens e senescentes, nas datas iniciais e finais de avaliação, as quais corresponderam ao final do ciclo de crescimento vegetativo e ao período subsequente ao término do ciclo produtivo, respectivamente.

Resultados que indicam variação do teor de clorofila em função da idade das plantas também foram observados por Zhang et al. (2008) em folhas de orquídea da espécie *Cypripedium flavum*. Segundo os autores, o teor de clorofila atingiu o valor máximo aos 60 dias após à emergência das folhas, porém decresceram aos 30, 90 e 120 dias. Outros resultados obtidos por Maia e Piedade (2002) também demonstram uma variação na concentração total de clorofilas ao longo do ano em relação ao ciclo fenológico de *Eshweilera tenuifolia* e *Hevea spruceana*. Nesse estudo, para ambas as espécies, maiores índices de clorofila total foram observados na fase na qual as plantas estavam com a copa completa, apresentando folhas maduras, enquanto no período de brotamento e abscisão das folhas, os índices decrescem. De forma semelhante, de acordo com os resultados obtidos Paula et al. (2015) em estudo sobre o desempenho fotossintético de folhas de *Vochysia cinnamomea*, é possível concluir que as diferenças estruturais e os estágios fisiológicos de maturação influenciam características fisiológicas das folhas, inclusive no que diz respeito ao teor de clorofilas, que é maior em folhas maduras em comparação às jovens.

Com relação ao decréscimo ao final da avaliação, as baixas concentrações de clorofilas em determinada fase da vida das folhas estão associadas ao processo de

oxidação que se estabelece no período de senescência e translocação de materiais de volta para o caule antes da abscisão. Segundo Streit et al. (2005), a decomposição das clorofilas durante a senescência é um processo natural que faz parte do desenvolvimento da planta, o qual conduz a acumulação de catabólitos incolores.

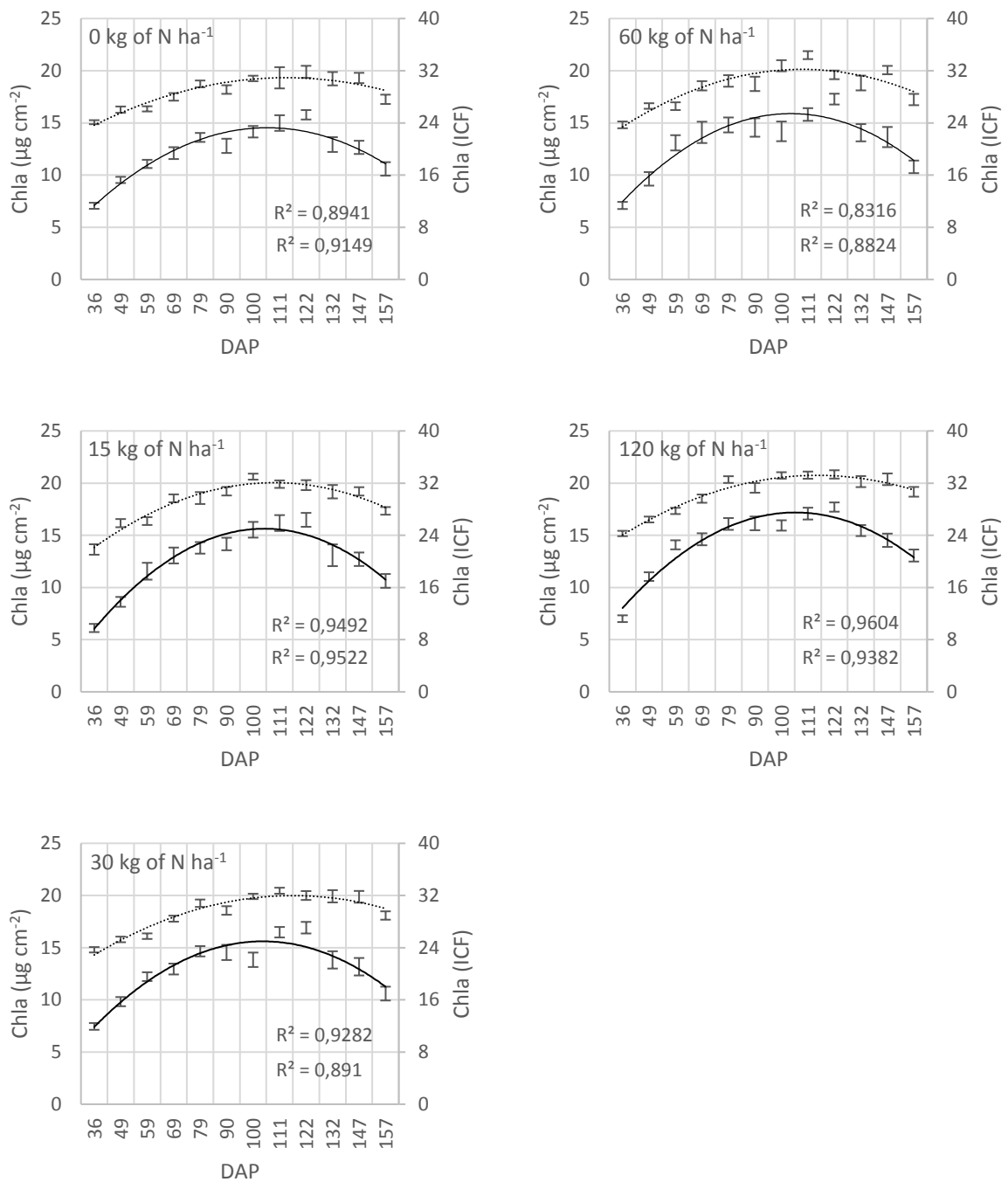


Figura 3. Valores médios \pm erro padrão da média referentes à variação do índice (linha pontilhada) e do conteúdo (linha contínua) de clorofila a em folhas de videira cv Syrah submetida à fertirrigação com diferentes doses de N. R² superior e inferior: coeficientes de determinação referentes ao índice e conteúdo de pigmentos, respectivamente.

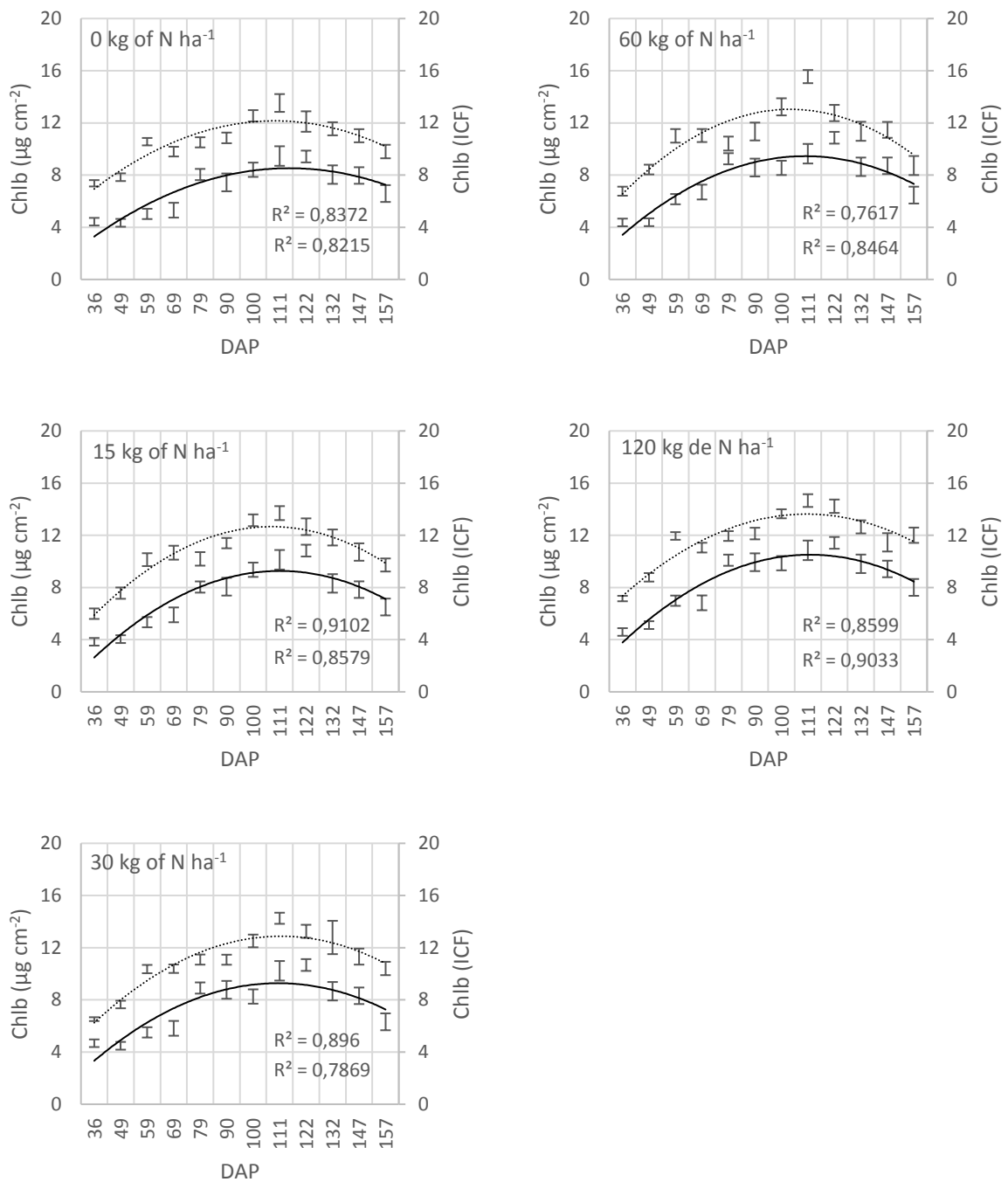


Figura 4. Valores médios \pm erro padrão da média referentes à variação do índice (linha pontilhada) e do conteúdo (linha contínua) de clorofila b em folhas de videira cv Syrah submetida à fertirrigação com diferentes doses de N. R² superior e inferior: coeficientes de determinação referentes ao índice e conteúdo de pigmentos, respectivamente.

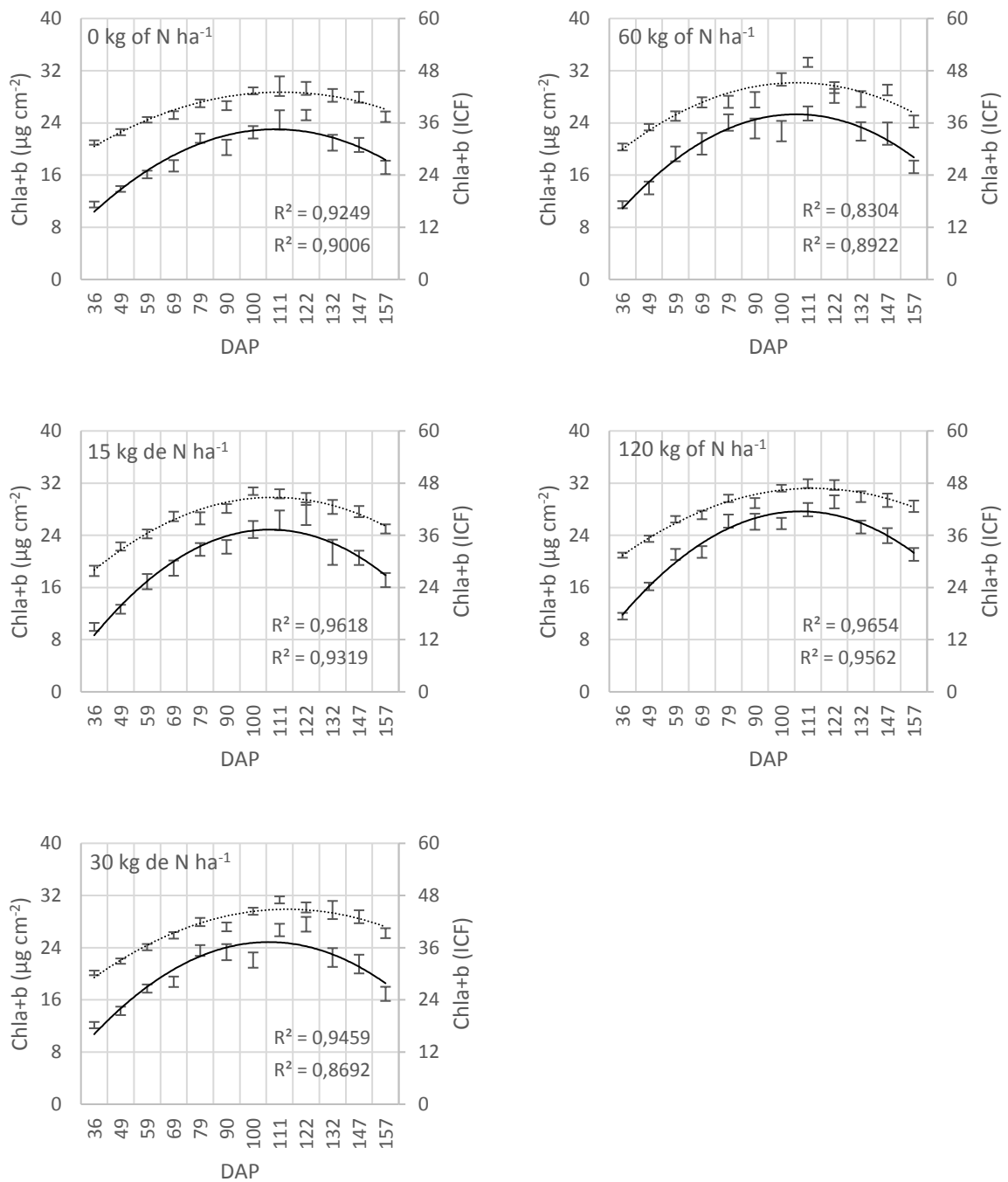


Figura 5. Valores médios \pm erro padrão da média referentes à variação do índice (linha pontilhada) e do conteúdo (linha contínua) de clorofila total em folhas de videira cv Syrah submetida à fertirrigação com diferentes doses de N. R² superior e inferior: coeficientes de determinação referentes ao índice e conteúdo de pigmentos, respectivamente.

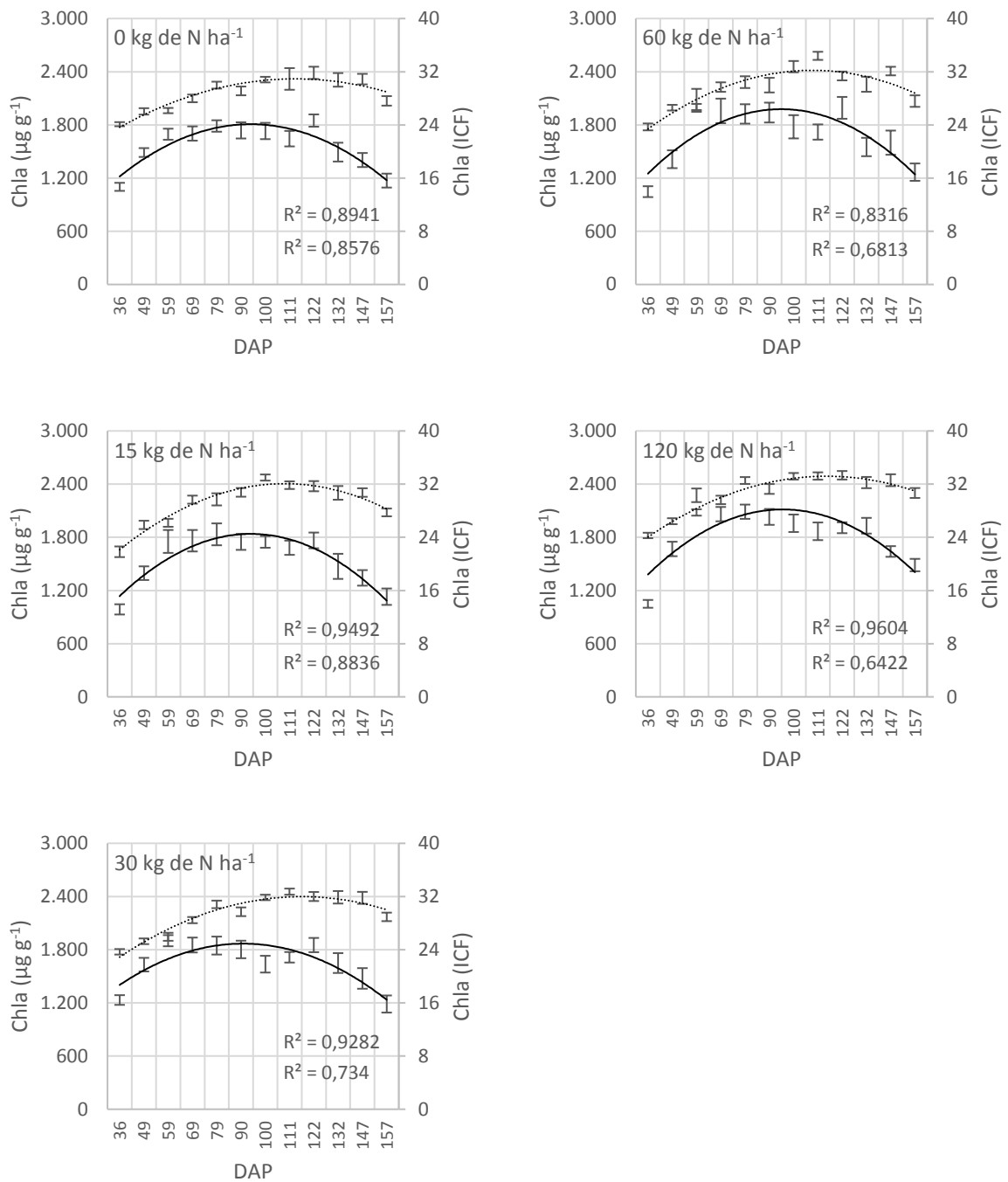


Figura 6. Valores médios \pm erro padrão da média referentes à variação do índice (linha pontilhada) e da concentração de clorofila a (linha contínua) em folhas de videira cv Syrah submetida à fertirrigação com diferentes doses de N. R^2 superior e inferior: coeficientes de determinação referentes ao índice e concentração de pigmentos, respectivamente.

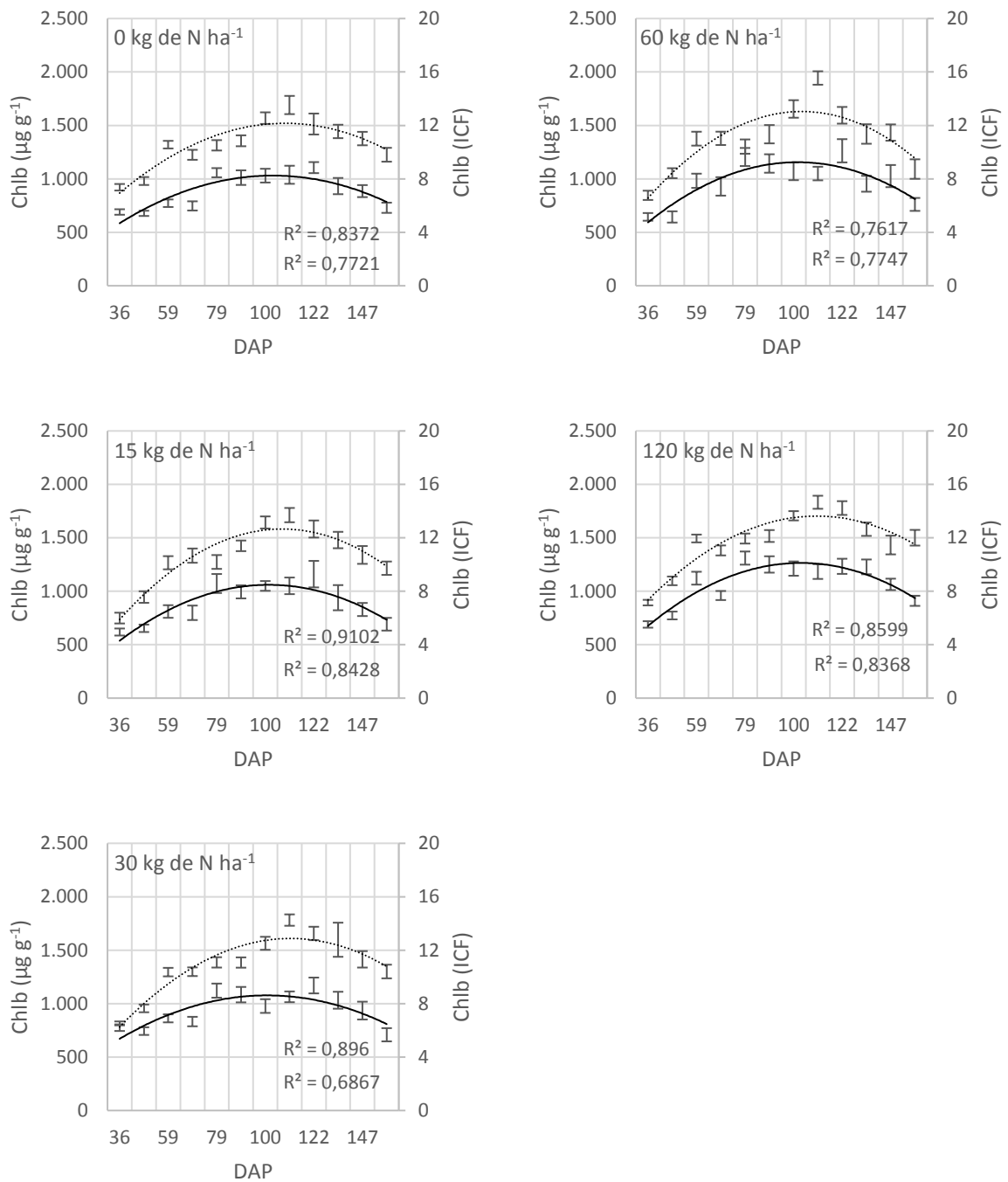


Figura 7. Valores médios \pm erro padrão da média referentes à variação do índice (linha pontilhada) e da concentração de clorofila b (linha contínua) em folhas de videira cv Syrah submetida à fertirrigação com diferentes doses de N. R^2 superior e inferior: coeficientes de determinação referentes ao índice e concentração de pigmentos, respectivamente.

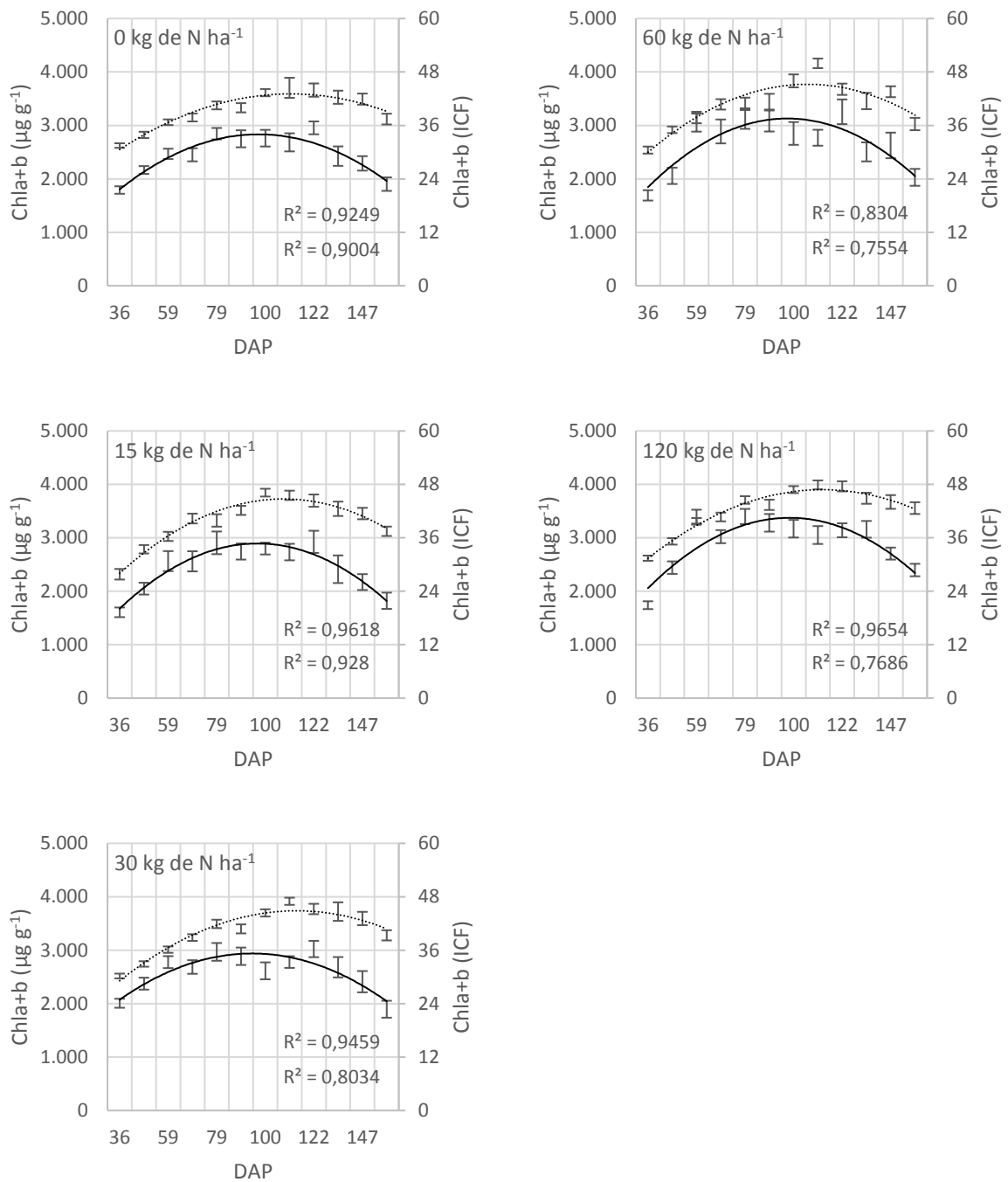


Figura 8. Valores médios \pm erro padrão da média referentes à variação do índice (linha pontilhada) e da concentração de clorofila total (linha contínua) em folhas de videira cv Syrah submetida à fertirrigação com diferentes doses de N. R² superior e inferior: coeficientes de determinação referentes ao índice e concentração de pigmentos, respectivamente.

A Tabela 6 apresenta os valores médios dos teores de pigmentos foliares, em função das doses de N aplicadas, resultantes de todas as observações realizadas ao longo do ciclo de produção da videira. Houve diferença significativa para a variável em questão, sendo possível observar que o tratamento de 120 kg ha⁻¹ proporcionou os maiores teores de clorofilas em termos de índice, concentração e conteúdo de pigmentos.

Tabela 6. Valores médios referentes ao índice de clorofila, concentração e conteúdo de clorofila e carotenoides totais em folhas de videira cv Syrah submetida a diferentes doses de N.

N (kg ha ⁻¹)	Chl _a	Chl _b	Chl _{a+b}	C _{x+c}
ICF				
0	28,8528 b	10,6236 b	39,4764 b	-
15	29,1410 b	10,6444 b	39,7854 b	-
30	29,4083 b	10,9681 b	40,3764 b	-
60	29,6076 b	11,0076 b	40,6153 b	-
120	30,5917 a	11,8051 a	42,3968 a	-
µg cm ⁻²				
0	12,2729 c	7,0395 b	19,3125 b	2,6306 a
15	12,6614 c	7,3484 b	20,0098 b	2,6206 a
30	13,0437 b	7,5514 b	20,5951 b	2,6990 a
60	13,2539 b	7,6931 b	20,9470 b	2,6999 a
120	14,3963 a	8,5760 a	22,9722 a	2,7867 a
µg g ⁻¹				
0	1567,4094 c	889,7272 c	2457,1366 c	337,9598 a
15	1551,6849 c	889,0635 c	2440,7484 c	323,6107 a
30	1649,7071 b	942,1205 b	2591,8276 b	344,7725 a
60	1689,8438 b	972,7185 b	2662,5623 b	345,9716 a
120	1830,2803 a	1078,2529 a	2908,5332 a	357,6931 a

Médias seguidas pela mesma letra, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si segundo o teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. Valores médios obtidos a partir de 216 (0, 30 e 120 kg ha⁻¹) e 144 observações (15 e 60 kg ha⁻¹).

A dose de 120 kg ha⁻¹ diferiu das demais no que diz respeito ao índice de Chl_a, Chl_b e Chl_{a+b} e à concentração de Chl_b e Chl_{a+b}. Entretanto, para a concentração de Chl_a e conteúdo de Chl_a, Chl_b e Chl_{a+b} os tratamentos 30 e 60 e 0 e 15 resultaram em

valores estatisticamente semelhantes entre si e diferentes da dose de 120 kg ha⁻¹. Por sua vez, não foi verificada diferença significativa para a concentração e conteúdo de carotenoides totais em função das doses de nitrogênio. Considerando a significância da relação entre as doses de N aplicadas e o teor de clorofila na folha, a Figura 9 apresenta os gráficos de dispersão seguidos das linhas de tendência que representam as equações de regressão linear, as quais descrevem a associação entre a variação média dos teores de clorofila em função da adubação nitrogenada.

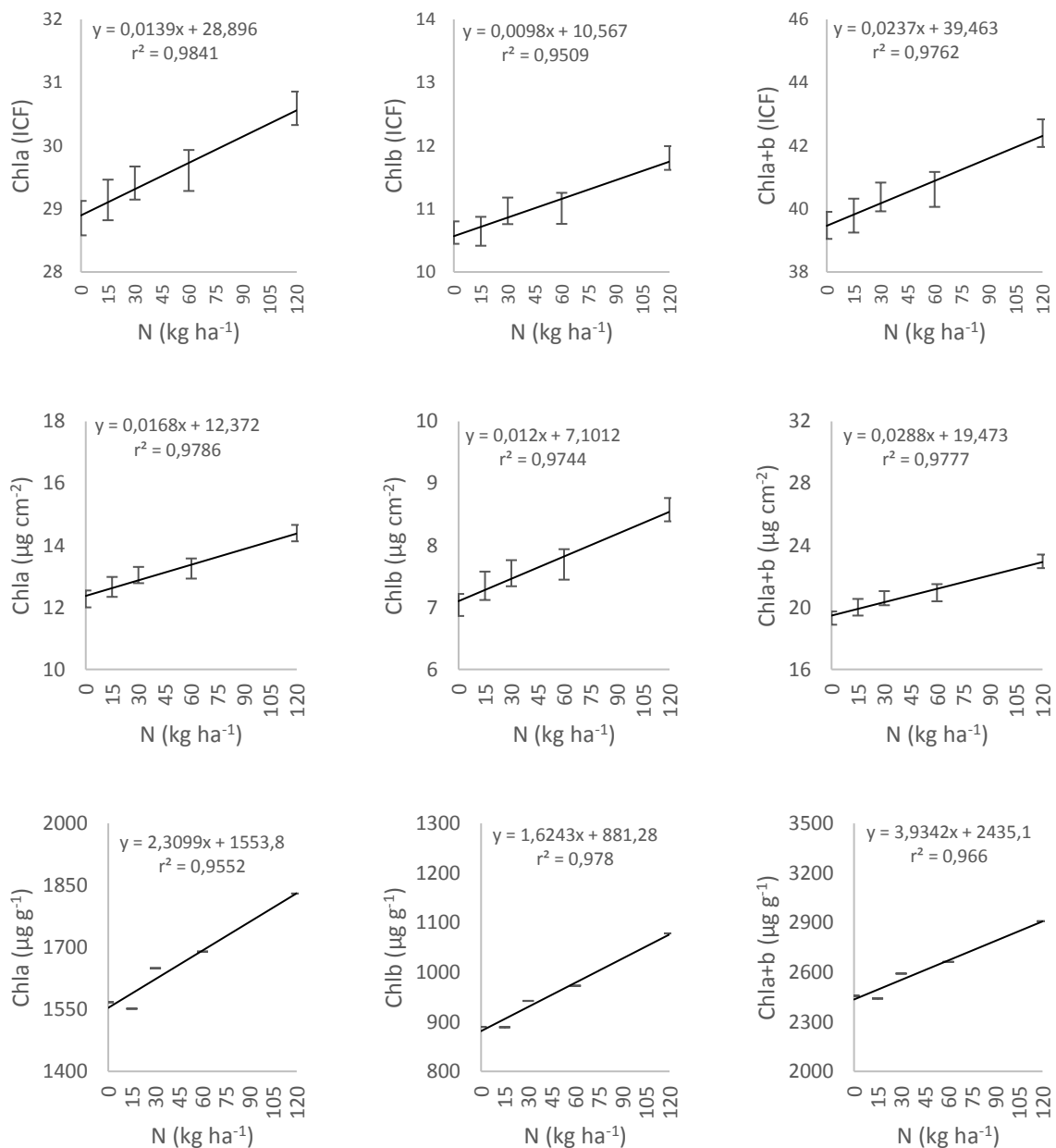


Figura 9. Figura. Relação entre os teores de clorofila foliar e doses de N aplicadas. Médias obtidas a partir de n = 216 (0, 30 e 120 kg ha⁻¹) e n = 144 (15 e 60 kg ha⁻¹).

6. CONCLUSÃO

As equações de calibração obtidas para o medidor portátil do conteúdo relativo de clorofila ClorofiLOG estão associadas a valores moderados do coeficiente de determinação, indicando uma também moderada capacidade de conversão dos valores referentes ao índice de clorofila (ICF) para valores em unidades de concentração ($\mu\text{g g}^{-1}$ de massa seca) e conteúdo ($\mu\text{g cm}^{-2}$ de folha).

No geral, os maiores valores referentes ao índice, concentração e conteúdo de clorofilas foram observados ao 111 e 120 DAP, em ocasião da colheita dos frutos e início do período de senescência. Contudo, as doses de nitrogênio não promoveram diferenças significativas nessas datas de avaliação.

Ambos os métodos de estimativa dos teores de clorofila a, b e total foram capazes de identificar um padrão semelhante de variação desses pigmentos, a qual se deu principalmente em função da idade das folhas, ou seja, ao longo do ciclo de produção da cultura.

A dose de 120 kg ha^{-1} de nitrogênio promoveu o maior acréscimo no teor médio de clorofilas a, b e total, em termos de índice, concentração e conteúdo de pigmentos.

Não foi verificado efeito significativo das doses na variação da concentração e conteúdo de carotenoides totais, embora tenha seguido o mesmo padrão de variação observado para as clorofilas.

REFERÊNCIAS

AGRIANUAL, 2006. **Anuário Brasileiro da Uva e Vinho**. Santa Cruz do Sul. Editora Gazeta Santa Cruz, 128p., 2006.

ALBUQUERQUE, T.C.S.; SILVA, D.J.; FARIA, C.M.B.; PEREIRA, J.R. Nutrição e adubação. In: SOARES, J.M.; LEÃO, P.C.S. (Ed.). **A viticultura no semiárido brasileiro**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Petrolina: Embrapa Semiárido, 2009, p.431-480.

AMARANTE, C.V.T.; BISOGNIN, D.A.; STEFFENS, C.A.; ZANARDI, O.Z.; ALVES, E.O. Quantificação não destrutiva de clorofilas em folhas através de método colorimétrico. **Horticultura Brasileira**, v.26, n.4, p.471-475, 2008.

ARGENTA, G. Leaf relative chlorophyll content as an indicator parameter to predict nitrogen fertilization in maize. **Ciência Rural**, v.34, n.5, p.1379-1387, 2004.

ARGENTA, G.; DA SILVA, P.R.F.; BORTOLINI, C.G. Relação da leitura do clorofilômetro com os teores de clorofila extraível e de nitrogênio na folha de milho. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 13, n.2, p.158-167, 2001.

ARGENTA, Leaf relative chlorophyll content as an indicator parameter to predict nitrogen fertilization in maize. **Ciência Rural**, v.34, n.5, p.1379-1387, 2004.

AVELAR, R.; PACHECO, F.V.; ALVARENGA, A.A.; PINTO, J.E.B.P.; FRANCESCHINI, L.A. Teores de pigmentos fotossintéticos de *Piper aduncum* L. cultivadas sob diferentes condições de radiação. In: Congresso Nacional de Botânica, 64, Belo Horizonte, 2013.

BARBIERI JÚNIOR, E.; ROSSIELLO, R.O.P.; SILVA, R.V.M.M.; RIBEIRO, R.C.; MORENZ, M.J.F. Um novo clorofilômetro para estimar os teores de clorofila em folhas do capim Tifton 85. **Ciência Rural**, v.42, n.12, dez, 2012.

BASSOI, L.H.; DANTAS, B.F.; LIMA FILHO, J.M.P.; LIMA, M.A.C.; LEÃO, P.C.S.; SILVA, D.J.; MAIA, J.L.T.; SOUZA, C.R.; SILVA, J.A.M.; RAMOS, M.M. Preliminary results of a long term experiment about RDI and PRD irrigation strategies in wine grape in São Francisco Valley, Brazil. **Acta Horticulturae**. 2007. v. 754, p.275-282.

BRUNETTO, G.; CERETTA, C.A.; KAMINSKI, J.; MELO, G.W.B.; LOURENZI, C.R.; FURLANETTO, V.; MORAES, A. Aplicação de nitrogênio em videiras na Campanha Gaúcha: produtividade e características químicas do mosto da uva. **Ciência Rural**, v.37, n.2, p.389-393, 2007.

BUSATO, C.C.M.; SOARES, A.A.; SEDIYAMAI, G.C.; MOTOIKE, S.Y.; REIS, E.F. Manejo da irrigação e fertirrigação com nitrogênio sobre as características químicas da videira 'Niágara Rosada'. **Ciência Rural**, v.41, n.7, p.1183-1188, 2011.

CARVALHO, M.A.C.; FURLANI JUNIOR, E.; ARF, O.; SÁ, M.E.; PAULINO, H.B.; BUZETTI, S. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio e teores foliares deste nutriente e de clorofila em feijoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.445-450, 2003.

CHAVES, A.R.M.; LEÃO, P.C.; PEREIRA, G.E.; AIDAR, S.T.; SANTOS, L.; CALDAS, B.N.G. Comportamento fotossintético em videiras Syrah e Chenin Blanc cultivadas em lira e espaldeira no Submédio do Vale do São Francisco. In: Simpósio de Fruticultura do Vale do São Francisco, 1., 2015, Juazeiro. **Anais...** Petrolina: Universidade Federal do Vale do São Francisco, 2015, p. 257-260.

CHAPMAN, S.C.; BARRETO, H.J. Using a chlorophyll meter to estimate specific leaf nitrogen of tropical maize during vegetative growth. **Agronomy Journal**, v.89 n.4, p. 557-562, 1997.

CONFORTO, E.C.; CORNÉLIO, M.L.; ANDREOLI, R.P.; GONÇALVES, E.C.P. Validação das unidades arbitrárias do teor de clorofilas obtido em folhas intactas de seringueira. **Revista Agroambiente On-line**, v.8, n.2, p.288-292, 2014.

DEON, M.D.; LOPES, P.R.C.; SIGNOR, D. Efeito de doses de nitrogênio sobre os teores de clorofila e nitrogênio foliar na pereira, cv. Princesinha, cultivada no Vale do São Francisco. In: Reunião Nordestina de Ciência do Solo, 1., 2013, Areia. Soluções de desafios para o uso sustentável dos solos da região Nordeste. **Anais...** Areia: PPGCS: UFPB-CCA: SBCS, 2013. CD-ROM.

KELLER, M. **The science of grapevines: anatomy and physiology**. San Diego: Academic; 2010, 377p.

LEÃO, P.C.S.; SOARES, J.M.; RODRIGUES, B.L. Principais cultivares. In: SOARES, J.M.; LEÃO, P.C.S. (Ed.). **A viticultura no semiárido brasileiro**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Petrolina: Embrapa Semiárido, 2009, p.151-214.

LICHTENTHALER, H.K.; WELLBURN, A.R. Determination of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents. **Biochemical Society Transactions**, v.11, p.591-592, 1983.

LIMA FILHO, J.M.P.; DANTAS, B.F.; ASSIS, J.S.; SOUZA, C.R.; ALBUQUERQUE, T.C.S.; Aspectos fisiológicos. In: SOARES, J.M.; LEÃO, P.C.S. (Ed.). **A viticultura no semiárido brasileiro**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Petrolina: Embrapa Semiárido, 2009, p.73-108.

LOBO, L.S.; DALMOLIN, A.C.; MIELKE, M.S.; Método não destrutivo para determinação de pigmentos em folhas de *Carpotroche brasiliensis*. In: Semana de Engenharia Florestal da Bahia, 4, Vitória da Conquista, 2016. **Anais...** Vitória da Conquista: Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 2016, 6 p.

MAIA, L.A.; PIEDADE, M.T. Influência do pulso de inundação na fenologia foliar e conteúdo de clorofila em duas espécies da floresta de igapó da Amazônia Central do Brasil. **Acta Amazonica**, v.32, p.55-64, 2002.

NASCIMENTO, P. S.; SILVA, J. A.; COSTA, B. R. S.; BASSOI, L. H. Visualização espacial teor foliar de N total na videira com uso do medidor portátil de clorofila. In: INAMASU, R.Y.; NAIME, J.M.; RESENDE, A.V.; BASSOI, L.H.; BERNARDI, A.C.C. (Org.). **Agricultura de precisão: Um Novo Olhar**. 1ed. São Carlos: Embrapa Instrumentação, 2011, p. 286-289.

PAULA, S.M.; NAVES, E.R.; FRANCO, I.M.; PADUA, K.J.M.; SILVA, K.R.; FERNANDES, W.P.; OLIVEIRA, D.C.; LEMOS-FILHO, J.P.; MOREIRA, A.S.F.P. Desempenho fotossintético de folhas jovens e maduras de *Vochysia cinnamomea* (Vochysiaceae). **Bioscience Journal**, v.31, n.2, p.591-600, 2015.

PEDRO JÚNIOR, M.J.; SENTELHAS, P.C. Clima e produção. In: POMMER, C.V. (Ed.). **Uva: tecnologia de produção, pós-colheita, mercado**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2003, p.63-107.

PIRES, E.J.P.; POMMER, C.V. Fisiologia da videira. In: POMMER, C.V. (Ed.). **Uva: tecnologia de produção, pós-colheita, mercado**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2003, p.250-294.

QUEIROZ-VOLTAN, R.B.; PIRES, E.J.P. A videira. In: POMMER, C.V. (Ed.). **Uva: tecnologia de produção, pós-colheita, mercado**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2003, p.37-61.

REEDY, S.J.; AMORIN NETO, M.S. **Dados de precipitação, evapotranspiração potencial, radiação solar global de alguns locais e classificação climática do Nordeste do Brasil**. Petrolina. Embrapa CPATSA, 1993. 280 p.

REICHARDT, K. TIMM, L.C. **Solo, planta e atmosfera: conceitos, processos e aplicações**. Barueri: Manole, 2004, 478p.

REIS, A.R.; FURLANI JÚNIOR, E.; BUZETTI, S., ANDREOTTI, M. Diagnóstico da exigência do cafeeiro em nitrogênio pela utilização do medidor portátil de clorofila. **Bragantia**, v.65, n.1, p.163-171, 2006.

RICHARDSON, A.D.; DUGAN, S.P.; BERLYN, G.P. An evaluation of noninvasive methods to estimate foliar chlorophyll content. **New Phytologist**, v. 153, n.1, p.185-194, 2002.

RICHARDSON, A.D.; DUGAN, S.P.; BERLYN, G.P. An evaluation of noninvasive methods to estimate foliar chlorophyll content. **New Phytologist**, v. 153, n.1, p.185-194, 2002.

RICHTER, G.T. **Nitrogênio total em pecíolo de videiras e nitrogênio amoniacal, assimilável e total em uvas e mostos**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos) – Universidade de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Santa Maria, 2008, 101 p.

RIGON, J.P.G.; BELTRÃO, N.E.M; CAPUANI, S.; BRITO NETO, J.F.; SILVA, F.V.F. Análise não destrutiva de pigmentos fotossintéticos em folhas de gergelim. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.3, p.258–261, 2012 [a].

RIGON, J.P.G.; CAPUANI, S.; BELTRÃO, N.E.M; BRITO NETO, J.F.; SOFIATTI, V.; FRANÇA, F.V. Non-destructive determination of photosynthetic pigments in the leaves of castor oil plants. **Acta Scientiarum**, v. 34, n.3, p.325-329, 2012 [b].

SILVA, A.O. **Disponibilidade de N e K no solo e sua absorção pela videira de vinho fertirrigada no semiárido**. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2015, 159 p.

SILVA, P.C.G.; CORREIA, R.C.; SOARES, J.M. Histórico e importância socioeconômica. In: SOARES, J.M.; LEÃO, P.C.S. (Ed.). **A viticultura no semiárido brasileiro**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Petrolina: Embrapa Semiárido, 2009, p.21-34.

STREIT, N.M.; CANTERLE, L.P.; CANTO, M.W.; HECKTHEUER, L.H.H. As clorofilas. **Ciência Rural**, v.35, n.3, p.748-755, 2005.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2008. 819p.

TASKOS, D.G.; KOUNDOURAS, S.; STAMATIADIS, S.; ZIOZIOU, E.; NIKOLAOU, N.; KARAKIOULAKIS, K.; THEODOROU, N.; Using active canopy sensors and chlorophyll meters to estimate grapevine nitrogen status and productivity. **Precision Agriculture**, v.16, p.16-98, 2015.

TECHIO, M.A.; MOURA, M.F.; PAIOLI-PIRES, E.J.; TERRA, M.M.; TEIXEIRA, L.A.J.; SMARSI, R.C. Teores foliares de nutrientes, índice relativo de clorofila e teores de nitrato e de potássio na seiva do pecíolo na videira 'Niágara Rosada'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.33, n.2, p.649-659, 2011.

TEIXEIRA FILHO, M.C.M.; BUZETTI, S.; ANDREOTTI, M.; ARF, O.; BENETT, C.G.S. Doses, fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em trigo irrigado em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, n.8, p.797-804, 2010.

TERRA, M.M. Nutrição, calagem e adubação. In: POMMER, C.V. (Ed.). **Uva: tecnologia de produção, pós-colheita, mercado**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2003, p.405-475.

THEAGO, E.Q.; BUZETTI, S.; TEIXEIRA FILHO, M.C.M.; ANDREOTTI, M.; MEGDA, M.M.; BENETT, C.G.S. Doses, fontes e épocas de aplicação de nitrogênio influenciando teores de clorofila e produtividade do trigo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.38, p.1826-1835, 2014.

WANG, J.F.; HE D.X.; SONG, J.X.; DOU, H.J.; DU, W.F. Non-destructive measurement of chlorophyll in tomato leaves using spectral transmittance. **International Journal of Agricultural and Biological Engineering**, v.8, n.5, p.73-78, 2015.

WILLMOTT, C.J. On the validation of models. **Physical geography**, v.2, n.2, p.184-194, 1981.

ZHANG, S.B.; HU, H.; LI, Z.R. Variation of photosynthetic capacity with leaf age in an alpine orchid, *Cypripedium flavum*. **Acta Physiologiae Plantarum**, v.30, p.381-388, 2008.

ANEXOS

ANEXO 1

Tabela 7. Análise de variância dos modelos lineares ajustados à relação entre os valores de índice e conteúdo e concentração de clorofilas.

Conteúdo de pigmentos ($\mu\text{g cm}^{-2}$) – ANOVA Modelo linear						
Pigmento	FV	GL	SQ	MQ	F	F significação
Chl _a	Regressão	1	6408,5050	6408,5050	1011,0247	6,7426.10 ⁻¹⁵¹
	Resíduo	933	5913,9355	6,3386		
	Total	944	12322,4405			
Chl _b	Regressão	1	3592,2562	3592,2562	961,7554	1,1986.10 ⁻¹⁴⁵
	Resíduo	932	3481,1167	3,7351		
	Total	933	7073,3729			
Chl _{a+b}	Regressão	1	21305,3476	21305,3476	1287,3542	8,7348.10 ⁻¹⁷⁸
	Resíduo	932	15424,3363	16,5497		
	Total	933	36729,6839			
Concentração de pigmentos ($\mu\text{g g}^{-1}$) – ANOVA Modelo linear						
Pigmento	FV	GL	SQ	MQ	F	F significação
Chl _a	Regressão	1	36811174,4684	36811174,4684	226,7089	5,0167.10 ⁻⁴⁶
	Resíduo	933	151493088,2169	162372,0131		
	Total	934	188304262,6852			
Chl _b	Regressão	1	29932845,4340	29932845,4340	479,1159	5,0394.10 ⁻⁸⁶
	Resíduo	932	58226854,1373	62475,1654		
	Total	933	88159699,5713			
Chl _{a+b}	Regressão	1	149477233,2419	149477233,2419	395,2254	1,3635.10 ⁻⁷³
	Resíduo	932	352489415,4341	378207,5273		
	Total	933	501966648,6759			

FV: fontes de variação; GL: número de graus de liberdade; SQ: soma de quadrados; MQ: quadrado médio; F: coeficiente calculado pela distribuição F e F significação: nível de significação para F.

ANEXO 2

Tabela 8. Parâmetros das equações de regressão das equações de calibração.

Conteúdo de pigmentos ($\mu\text{g cm}^{-2}$) – Modelo linear ($Y_i = b_0 + b_1X_i$)					
Pigmentos	Parâmetro	Coefficientes	Erro padrão	Stat t	Valor-p
Chl _a	b ₀	-6,8784	0,6353	-10,8274	8,1218.10 ⁻²⁶
	b ₁	0,6774	0,0213	31,7966	6,7426.10 ⁻¹⁵¹
Chl _b	b ₀	-0,1737	0,2603	-0,6674	5,047.10 ⁻⁰¹
	b ₁	0,7102	0,0229	31,0122	1,199.10 ⁻¹⁴⁵
Chl _{a+b}	b ₀	-9,4259	0,8531	-11,0487	9,3714.10 ⁻²⁷
	b ₁	0,7451	0,0208	35,8797	8,7348.10 ⁻¹⁷⁸
Concentração de pigmentos ($\mu\text{g g}^{-1}$) – Modelo linear ($Y_i = b_0 + b_1X_i$)					
Pigmentos	Parâmetro	Coefficientes	Erro padrão	Stat t	Valor-P
Chl _{a+b}	b ₀	145,6261	101,6766	1,4322	1,5241.10 ⁻⁰¹
	b ₁	51,3385	3,4096	15,0569	5,0167.10 ⁻⁴⁶
Chl _{a+b}	b ₀	243,2034	33,6614	7,2250	1,0417.10 ⁻¹²
	b ₁	64,8313	2,9619	21,8887	5,0394.10 ⁻⁸⁶
Chl _{a+b}	b ₀	89,5519	128,9680	0,6944	4,8762.10 ⁻⁰¹
	b ₁	62,4110	3,1393	19,8803	1,3635.10 ⁻⁷³