

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA TROPICAL**

**LUCAS CAETANO GONÇALVES**  
*Magister Scientiae*

**MODELAGEM USANDO O MÉTODO NÃO  
DESTRUTIVO DA FLUORESCÊNCIA NA  
QUANTIFICAÇÃO DE COMPONENTES QUÍMICOS DE  
UVA DE MESA CULTIVAR RED GLOBE.**

**São Mateus, ES  
Maio de 2016**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA TROPICAL**

**MODELAGEM USANDO O MÉTODO NÃO  
DESTRUTIVO DA FLUORESCÊNCIA NA  
QUANTIFICAÇÃO DE COMPONENTES QUÍMICOS DE  
UVA DE MESA CULTIVAR RED GLOBE.**

**LUCAS CAETANO GONÇALVES**

*Magister Scientiae*

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical, para obtenção do título de Mestre em Agricultura Tropical.

Orientador: Prof. Dr. Márcio Paulo Czepak

**São Mateus, ES  
Maio de 2016**

# MODELAGEM USANDO O MÉTODO NÃO DESTRUTIVO DA FLUORESCÊNCIA NA QUANTIFICAÇÃO DE COMPONENTES QUÍMICOS DE UVA DE MESA CULTIVAR RED GLOBE.

**LUCAS CAETANO GONÇALVES**

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical, para obtenção do título de Mestre em Agricultura Tropical.

Aprovada:

---

Prof. Dr. Fábio Luiz Partelli  
Universidade Federal do Espírito Santo

---

Prof. Dr. Edilson Romais Schimdt  
Universidade Federal do Espírito Santo  
(Co-orientador)

---

Prof. Dr. Reginaldo Teodoro de Souza  
EMBRAPA UVA E VINHO  
(Membro externo)

---

Prof. Dr. Márcio Paulo Czepak  
Universidade Federal do Espírito Santo  
(Orientador)

**Ao Senhor Nosso Deus, presente em todos os lugares por onde caminhamos,  
que me permitiu mais esta vitória. Dedico...**

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida;

À Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), em especial o Centro Universitário Norte do Espírito Santo, pela oportunidade de realização do curso de mestrado;

Aos meus Co-orientadores Professor Edilson Romais Schmildt e Antelmo Ralph Falqueto, pela disponibilidade e colaboração nos esclarecimentos das dúvidas e soluções de problemas;

Aos Professores do programa que me ajudaram a entender e vencer cada obstáculo, nas suas respectivas disciplinas;

Aos funcionários da secretaria do Programa de Pós-graduação em Agricultura Tropical, pela atenção e apoio prestado;

A todos que de alguma maneira me apoiaram na conquista desta nova etapa.

**SUMÁRIO**

<b>1. INTRODUÇÃO GERAL .....</b>	<b>1</b>
----------------------------------	----------

## RESUMO

GONÇALVES, LUCAS CAETANO. M. Sc.; Universidade Federal do Espírito Santo; Junho de 2016; **TÍTULO**. Orientador: Rodrigo Sobreira Alexandre, Co-orientadores: Edilson Romais Schmidt e José Carlos Lopes.

Devido às condições climáticas o ponto ótimo de colheita de uvas ainda é difícil de prever. O ponto de maturação fenólica, dependendo do destino do fruto produzido, não acompanha o ponto de maturação tecnológica, fato que somado as variações dentro da própria lavoura podem influenciar no produto final. Um grande problema encontrado no monitoramento de lavouras para a aplicação da agricultura de precisão é o tamanho da amostra para que esta seja significativa. O uso de sensores de fluorescência é uma alternativa para a análise não-destrutiva de vinhedos e auxilia a mapear os atributos de qualidade do fruto. O objetivo deste estudo foi desenvolver modelos matemáticos para correlacionar os índices do sensor de fluorescência para teor de antocianinas, flavonóides, clorofila e balanço de nitrogênio com os atributos químicos quantificados em laboratório (Sólidos Solúveis Totais, Acidez Total Titulável, pH). Foram realizadas avaliações em cachos de uva 'Red Glob' em cinco níveis de maturação, verde duro, verde, verde claro, rosada, rosada escura. Foi possível correlacionar e selecionar modelos matemáticos para os índices de antocianina e clorofila. O sensor de fluorescência demonstrou ser uma ferramenta eficiente para se realizar avaliações não-destrutivas em cachos de videira 'Red Glob'.

Palavras-chave: Correlação, avaliação não-destrutiva, maturação, videira.

## ABSTRAT



## 1. INTRODUÇÃO GERAL

A viticultura tem como origem regiões de clima temperado, porém apresenta adaptação a diversos climas, variando desde regiões frias até regiões mais próximas a linha do Equador, onde as quatro estações não são bem definidas. A viticultura brasileira apresenta elevado potencial devido às características climáticas e o alto nível tecnológico utilizado, com grande destaque para a região Semi-Árida do nordeste brasileiro, que dentre as características que deixam a cultura competitiva em relação às outras regiões cujo cultivo da videira é mais tradicional estão o clima quente e seco predominante durante todo o ano, baixas variações no fotoperíodo etc.. Isto faz com que o nordeste brasileiro seja responsável por 95% da exportação de uvas finas de mesa do país (LEÃO et al., 2003).

No ano de 2013 o Brasil possuía uma área plantada de 79094 hectares com produção estimada em 1.499.353 toneladas (EMBRAPA, 2016). Os estados com maior participação na produção nacional são Rio Grande do Sul (58%), Pernambuco (15%), São Paulo (9%), Paraná (5%), Bahia (5%) e Santa Catarina (4%), porém a viticultura nas regiões sudeste e nordeste do Brasil possuem uma perspectiva para expansão rápida da atividade devido à rentabilidade e a geração de empregos diretos, por se tratar de uma cultura com elevado número de tratamentos culturais (LEAO, 2000a).

No estado do Rio Grande do Sul predomina a produção de uvas de mesa (*Vitis labrusca*), onde das 703.271 toneladas produzidas 90% correspondem a espécies de *Vitis labrusca* (UVIBRA, 2016), ao contrário do que ocorre no nordeste brasileiro, onde a maioria da produção é de uva fina de mesa (*Vitis vinifera*) e uva apirênica (sem semente). O clima tropical tem como grande vantagem a possibilidade de se produzir uvas durante todo o ano, podendo chegar a uma produção de 30 toneladas por hectare em 2 safras (SOUZA, 1998),

Um dos problemas encontrados na viticultura tropical é a baixa adaptação de alguns cultivares ao clima tropical, sendo representada por produtividades inconstantes e baixas (LEÃO, 2000a). Para resolver este problema inúmeras instituições no país buscam novas tecnologias e técnicas de forma a aperfeiçoar o cultivo. Um exemplo é o uso de reguladores de crescimento, que promovem vantagens como bagas maiores, atraso na maturação, uniformidade na brotação, atraso na maturação, melhoria na fertilidade de flores etc., porém ainda é necessário mais estudos relacionados ao mecanismo de ação destes produtos e seus efeitos para as plantas.

Considerando a importância da viticultura e das espécies de *Vitis labrusca* no mercado brasileiro e o potencial que os reguladores de crescimento têm, este

trabalho tem como objetivo avaliar o efeito dos reguladores de crescimento Thidiazuron (TDZ), Ácido Giberélico (GA<sub>3</sub>), Forchlorfenuron (CPPU), Etephon na brotação, produção e nas características físico-químicas de videiras 'Niágara Rosada'.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Histórico e importância econômica da viticultura tropical.

O comportamento da videira em clima tropical é caracterizado pelo crescimento vegetativo contínuo, isto é, a atividade fotossintética não é paralisada. Na condição de temperaturas elevadas durante todo o ano, alta insolação e baixa umidade relativa é possível se obter frutos com maior teor de sólidos solúveis durante todo o ano, plantas com redução do ciclo fenológico de 30 a 50 dias em relação a outras zonas de produção, redução na ocorrência de fungos etc. (SAMPAIO, 1973; ALBUQUERQUE et al., 1996).

Na região do Submédio do São Francisco, no nordeste brasileiro, geralmente se obtém cinco safras em dois anos com grande parte da produção destinada ao abastecimento do mercado externo em duas épocas ou janelas durante o ano, a primeira do mês de Abril até Junho, com um terço do volume comercializado, e a segunda do mês de Outubro a Dezembro, com dois terços restantes (LEÃO, 1999), com grande destaque para a produção de uvas finas de mesa e uvas sem sementes, porém com uma tendência no aumento de produção de uvas destinadas a vinificação.

O estado do Rio de Janeiro apresenta nas regiões norte e noroeste características que potencializam a viticultura como índice de precipitação mediano, radiação e temperatura elevadas, água para irrigação e proximidade com grandes centros consumidores. Muramaki et al. (2002) comenta que as videiras na região norte fluminense Possi ciclo fenológico e necessidade térmica próximos aos encontrados no noroeste de São Paulo. Guimarães et al. (2006) reforça esta idéia ao obter uvas de mesa com qualidade de acordo com os níveis necessários para comercialização.

Na região sudeste o estado de São Paulo é o maior produtor de uvas de mesa e finas de mesa. Das variedades cultivadas, 'Itália' e 'Niágara' representam 50% das uvas comercializadas no CEAGESP (Harada et al., 2009). No noroeste paulista o cultivo de 'Niágara Rosada' ganhou destaque na região de Jales, onde o cultivo de uvas finas de mesa como 'Itália', 'Benitaka', 'Rubi' e 'Red Globe', é mais comum (SOUZA, 2006). Este destaque ocorre devido ao baixo custo com mão-de-obra, não necessitando de tratamentos culturais como raleio de bagas, menor

susceptibilidade a doenças fúngicas, boa aceitação no mercado interno e aos bons rendimentos obtidos em condições irrigadas (CONCEIÇÃO; MANDARINI; NETO; MAIA, 1999).

## **2.2. Aspectos da fisiologia do crescimento e frutificação.**

A videira apresenta dois tipos de gemas, as de brotação rápida e as latentes. As rápidas são formadas nas axilas das folhas dando origem a feminelas (pequenos ramos crescidos no mesmo ciclo vegetativo do ramo que as originou), estas raramente são férteis e usualmente não sofre lignificação e caem no outono ou inverno. Em condições tropicais as feminelas normalmente crescem muito, competindo com os ramos produtivos, se eliminadas em totalidade, novas gemas de brotação rápida serão formadas (MULLINS et al.,1992), por isso devem ser removidas periodicamente para que a produção seja viabilizada.

Gemas latentes é um conjunto de gemas envoltas por uma mesma proteção (escamas). Ao serem observadas, é possível distinguir três gemas, primária, secundária e terciária, separadas por brácteas, em diferentes estádios de desenvolvimento. Formam-se lentamente durante a estação de crescimento vegetativo e em regiões de clima temperado entram em dormência durante a estação fria, brotando na primavera. Em condições de clima tropical as gemas formadas num ciclo de crescimento não entram em dormência e encontram-se aptas para a brotação 20 dias após a colheita (ALBUQUERQUE, 2003). A gema primária contém de 6 a 10 primórdios foliares e de um a três primórdios de inflorescência, sendo que estas aparecem somente em gemas férteis. As secundárias e terciárias, em geral, permanecem pequenas, raramente apresentam inflorescências e brotam somente excepcionalmente, no caso de morte de uma gema primária (MULLINS et al.,1992).

As inflorescências normalmente aparecem em duas por ramo, mas raramente de três a cinco (ALBUQUERQUE, 2001). As gemas latentes não apresentam características externas que permitam o reconhecimento de sua fertilidade. Esta fertilidade é definida como a capacidade que estas apresentam para diferenciar-se de vegetativas em frutíferas, podendo ser utilizada para estimar o potencial produtivo de um determinado vinhedo (LEÃO, 2003). Este processo é controlado geneticamente onde cada cultivar possui em suas gemas determinada quantidade de cachos (KANELLIS; ROUBELAKIS-ANGELAKIS, 1993), porém no mesmo cultivar esta quantidade pode variar em função do ambiente, tratos culturais, posição da gema no ramo, tipo de ramo, juvenibilidade, vigor, nutrição mineral, nível de carboidratos no ramo, reguladores vegetais, déficit hídrico, fotoperíodo, luminosidade e temperatura. As condições ambientais prevaletentes durante a formação e desenvolvimento das gemas são as principais causas de variações de

fertilidade de gemas de videira.

Dentre os fatores climáticos, a intensidade luminosa é o que mais contribui positivamente no aumento da fertilidade e desenvolvimento de gemas frutíferas. O aumento da intensidade luminosa aumenta o número e tamanho dos primórdios florais (BUTTROSE, 1974). A fertilidade de gemas depende das condições observadas durante o período de crescimento vegetativo do ciclo anterior, quando ocorre a diferenciação floral, além de outros fatores como temperatura irregular, colheita exagerada, doenças e secas pronunciadas no verão.

O florescimento em videiras adultas é um processo fisiológico iniciado na fase de crescimento vegetativo do ciclo anterior ao do surgimento da panícula floral. As gemas crescem por um período de aproximadamente três meses, após o qual podem ter até 10 primórdios de folha e é durante esse período que o primórdio floral pode ser formado (ALBUQUERQUE, 1998; WINKLER, 1965; BUTTROSE, 1974). O processo diferenciação floral inicia com a formação de um primórdio não diferenciado – anlagem ou blastema – originado nos ápices meristemáticos das gemas latentes que estão se formando no ciclo corrente. A partir da anlagem o primórdio da florescência ou da gavinha é formado e a seguir as gemas latentes entram em um processo de dormência. Estes processos ocorrem durante a fase de crescimento dos ramos do ciclo anterior logo após que o nó se separa do ápice, continuando a se desenvolver em tamanho e complexidade por cerca de 45 dias a partir da brotação. Segundo Shikhamany (1999), sob condições tropicais a formação de gemas frutíferas ocorre 45 a 60 dias após a poda e segundo Pommer e Passos (1990) citados por Ribeiro e Scarpa Filho (2003) o processo de diferenciação se inicia nas primeiras semanas após o nó se separar do ápice e continua por 54 a 84 dias. A formação final das flores ocorre pouco antes e durante a brotação das gemas do ciclo seguinte.

Na região do Vale do São Francisco a ocorrência de um período longo de seca, tanto do solo quanto do ar, faz com que a videira atinja o ponto de murcha, entrando em dormência. Desta forma, nas videiras do semi-árido, a dormência das plantas é obtida através da suspensão da água de irrigação, tornando o ciclo condicionado a poda e controle da irrigação. Outro fator que entra em discussão é que mais importante do que a poda e irrigação, o período de repouso que as plantas devem ser submetidas deve ser adequado para que possam atingir equilíbrio hormonal e nutricional adequado.

Em regiões tropicais e subtropicais, onde o inverno é quente, considerável número de gemas deixa de brotar devido a insuficiência de frio. Embora o frio seja necessário para remover a dormência, condições ambientais favoráveis como temperatura elevada são necessárias para o crescimento das gemas, após concluído

o período de dormência (PASQUAL;PETRI, 1985; MULLINS et al., 1992). Calo et al. (1996) cita que o início do ciclo anual de crescimento está estreitamente relacionado com a temperatura, esta atua sobre a velocidade das reações metabólicas para que promovam a quebra da dormência das gemas levando a brotação

### **2.2.1. Aspectos fisiológicos do desenvolvimento das bagas**

Uma característica comum no crescimento de frutos tipo baga é seguir uma curva dupla sigmóide. Este fenômeno é explicado pelas três fases envolvidas no processo de aumento de comprimento, diâmetro, volume e peso das bagas. A duração destes períodos pode variar de acordo com o cultivar, condições ambientais e dos manejos realizados durante o ciclo. Cultivares sem semente podem apresentar, normalmente, fases menos distintas devido ao menor pronunciamento da fase II (KANELLIS; ROUBELAKIS-ANGELAKIS, 1993).

A Fase I caracteriza pelo crescimento da semente e do pericarpo. Nesta fase o crescimento ocorre devido a divisão e subsequente expansão celular e o número total de células dentro da baga é estabelecido. A duração deste período é de 40 a 60 dias após o florescimento onde é desenvolvido a baga e o embrião da semente, seguido de uma expansão da baga em volume com acúmulo de solutos, principalmente os ácidos tartárico e málico, aminoácidos, minerais, micronutrientes e compostos aromáticos. A Fase II é caracterizada pela maturação da semente com pequeno ou nenhum crescimento do pericarpo, com metabolismo reduzido e rápido desenvolvimento do embrião, podendo durar de 7 a 40 dias, dependendo do cultivar (MULLINS et al.,1992).

Durante a Fase III as bagas iniciam a mudança de cor e tornam se amolecidas. As células começam a se expandir e baga atinge o máximo tamanho e maturação. A expansão celular ocorre devido ao maior acúmulo de açúcares e solutos, contribuindo para a redução no potencial osmótico e, conseqüentemente, redução do potencial da água proporcionando a entrada de água nas células. Isto ocorre devido a mudanças nas propriedades da parede celular (COOMBE, 1973; MULLINS et al., 1992).

Muitos dos solutos que se acumulam nas bagas de uva durante o primeiro período de desenvolvimento permanecem até a colheita, porém, sua concentração é reduzida devido ao aumento no volume do fruto (NUNAN et al.,1998). No caso dos hormônios, os níveis de giberelina e etileno nos frutos são mais elevados no início da Fase I, mas diminuem antes da maturação. Neste mesmo período ocorre redução dos níveis de auxina e aumento na concentração de ácido abscísico (ABA)(MULLINS et al., 1992). O conteúdo de citocinina é mais elevado na Fase II, sendo reduzido na

Fase III (KANELLIS, ROUBELKIS-ANGELAKIS, 1993).

### 2.2.2. Compostos Fenólicos

O grupo químico fenol (hidroxila funcional em um anel aromático) está em uma diversidade de compostos secundários que as plantas produzem. Estes compostos apresentam uma diversidade de funções, como defesa contra herbívoros e patógenos, proteção de radiação ultravioleta, atrativo de polinizadores entre outros. Podem ser sintetizados por diversas rotas, mas duas rotas metabólicas envolvidas são básicas. A rota do ácido chiquímico está presente na biossíntese da maioria dos compostos fenólicos dos vegetais e a rota do ácido malônico é menos expressiva em plantas superiores, sendo mais expressiva em fungos e bactérias. (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Em videiras, os compostos fenólicos que se destacam são os flavonóides e os taninos. Os flavonóides constituem a maior classe de compostos fenólicos dos vegetais, sendo as antocianinas, as flavonas, os flavonóis e as isoflavonas os grupos com maior evidência para a pesquisa. O grupo dos não-flavonóides inclui ácidos fenólicos e stilbenes. Os ácidos fenólicos estão presentes principalmente no mesocarpo e assim são liberados rapidamente para o suco por esmagamento ou pressionando a baga. Os stilbenes são um grupo de compostos produzidos nas folhas de videiras em resposta a infecção por fungos ou danos no tecido por fermento ou comprimentos de onda curto (<260 nm).

Os pigmentos dos vegetais possuem os carotenóides e os flavonóides como principais componentes. O grupo das antocianinas é o mais comum dos flavonóides pigmentados, sendo responsável pela maioria das pigmentações de cor vermelha, rosa, roxa e azul observadas em flores e frutos, podendo ser influenciada por diversos fatores. Segundo Ribéreau-Gayon et al., 2006a,b) em *Vitis vinifera* foram identificadas apenas antocianinas mono-glicosídeas e seus respectivos derivados enquanto antocianinas di-glicosídeas (mais escuras) estão presentes em uvas de espécies de *Vitis riparia* e *Vitis rupestris* e em cruzamentos entre as três espécies. Deste modo é comum adicionar o vinho destas espécies para intensificar a cor dos vinhos originados de espécies de *Vitis vinifera* e identificar sua composição.

As flavonas e os flavonóis absorvem luz em comprimentos de onda mais curtos que a antocianina, sendo assim, não são visíveis ao olho humano. Estão presentes em flores e folhas de plantas verdes e protegem contra o excesso de radiação UV-B (280-320 nm) e tem sua síntese estimulada quando exposta a estes comprimentos de onda. As isoflavonas apresentam atividades biológicas e são encontrados, principalmente, em leguminosas (TAIZ; ZEIGER, 2013). Em sementes ou cascas de

bagas os flavonóides e taninos liberados na mordida podem interferir no gosto adstringente e amargo. A formação destes compostos ocorre nos primeiros estádios de desenvolvimento do fruto de modo a evitar que sejam removidos antes das sementes se tornarem viáveis. O termo tanino é usado para caracterizar os compostos fenólicos que complexam e precipitam proteínas. Estas substâncias interagem com as proteínas da saliva na boca promovendo a sensação de adstringência (sensação de seco).

Hanlin e Downey (2009) notaram que enquanto estudos relataram picos de acumulação de tanino em sementes e casca em períodos próximos ao veraison, não incluíram amostras pré-veraison. Embora seja difícil definir um padrão de acumulação de taninos, estudos para definir a influência da região são necessários para distinguir as mudanças dos taninos da semente e da casca separadamente. Posteriormente, Hanlin et al. (2010) sugeriu que o decréscimo do conteúdo de taninos durante o desenvolvimento das bagas é resultado da associação com a parede celular reduzindo a capacidade de extração destes taninos e que a orça do tanino e a estrutura da parede celular é influenciada pela composição e interação de ambos.

As antocianinas são sintetizadas normalmente na casca da baga, com algumas exceções, enquanto stilbenes e flavonóides são sintetizados predominantemente na casca e flavanoides e taninos são encontrados nas sementes e nas cascas. O começo da síntese de antocianinas é no veraison, no momento que a baga começa a acumular açúcar, o aumento na concentração ocorre durante os primeiros estádios de maturação até alcançar um máximo e este valor relativamente começa a decrescer. Este fenômeno ocorre devido a degradação da antocianina pela atividade de enzimas nos vacúolos (Keller, Hrazdina, 1998).

### **2.3. Uso de reguladores vegetais na viticultura.**

Reguladores vegetais são substâncias sintéticas que quando aplicada exogenamente possuem ações similares aos grupos de hormônios vegetais conhecidos (auxinas, citocininas, giberelinas, retardadores, inibidores, etileno) (DAVIES, 2004; CASTRO; VIEIRA, 2001; PIRES; RIBEIRO, 2001) e podem atuar diretamente nas diferentes estruturas celulares e nelas provocar alterações físicas, químicas e metabólicas (CASTRO; VIEIRA, 2001).

Como em regiões tropicais as exigências de frio requeridas pela videira não são atendidas, as plantas não apresentam fase de repouso hibernar, mantendo as folhas perenes. Com a descoberta dos efeitos dos reguladores vegetais e seus

benefícios, muitos compostos e combinações desses produtos têm sido pesquisados com a finalidade de melhorar qualitativamente e quantitativamente a produtividade da cultura (VIEIRA, 2001). A viabilidade do cultivo é obtida com o uso de poda e desfolha da planta, precedido de um pequeno período de repouso, sucedendo depois todas as fases do vegetativo. Videiras muito vigorosas apresentam brotação desuniforme, reduzindo o nível de frutificação e aumentando o crescimento vegetativo.

### **2.3.1. Calciocianamida e cianamida hidrogenada.**

A cianamida hidrogenada ( $H_2CN_2$ ) é um regulador que rompe a dormência de plantas decíduas, como macieira, videira e pessegueiro. É conhecido por ser uma das fases de decomposição no solo do fertilizante nitrogenado calciocianamida (BONNAIRE; RIEDER, 1985). Este composto químico possui ação localizada (não há efeito de translocação) e para que o efeito máximo seja obtido é necessário que todos os ramos da planta sejam atingidos (PASQUAL; PETRI, 1985).

Comercializado com o nome de Dormex®, é apresentada em formulação líquida estabilizada e contém 52% de princípio ativo. Deve ser aplicada após a maturação das gemas, antes que estas estejam entumescidas, podendo ocorrer necrose do tecido e conseqüentemente o abortamento da brotação. A necessidade do uso do produto, bem como a dose, depende de muitos fatores, que para uma mesma variedade podem variar de acordo com o local e o ano, considerando-se principalmente o número de horas de frio ocorridas.

O metabolismo da cianamida hidrogenada não é bem conhecido e seu modo de ação ainda não está totalmente esclarecido. Estudos sugerem que o modo ação pode estar relacionado aos seus efeitos no sistema respiratório das células e a interferência em alguns processos enzimáticos que controlam o repouso das plantas como, por exemplo, na atividade da catalase, o que leva a uma injúria oxidativa em vários sistemas, devido ao acúmulo de  $H_2O_2$  nos tecidos da gema que poderia ser responsável pela ativação do ciclo da pentose fosfato e conseqüente quebra de dormência nas gemas (SHULMAN et al., 1986; PIRES; BOTELHO, 2001).

SHULMAN et al. (1986) citam que na natureza baixas temperaturas reduzem a atividade da catalase e o efeito da cianamida hidrogenada usualmente ocorre após o acúmulo de frio, porém, nenhum efeito significativo do produto pode ser observado em regiões com longo e intenso inverno. Os mesmos autores demonstraram que a cianamida hidrogenada substitui o frio requerido na quebra de dormência das gemas e sugerem que o frio e a cianamida hidrogenada podem estar envolvidos em processo metabólico similar que leva a quebra da dormência. Por esta razão que as



concentrações de cianamida hidrogenada em regiões semi-áridas são maiores que as utilizadas em vinhedos de clima temperado (LEÃO, 2000b)

Um problema encontrado é a alta capacidade cáustica da calda de Dormex®, podendo ser tóxica ao aplicador. O produto possui em sua bula uma série de recomendações para a proteção do aplicador dos possíveis efeitos tóxicos da cianamida hidrogenada. O Ministério da Saúde da Itália suspendeu o uso de Dormex® após a constatação, no ano de 2001, de 22 casos de enfermidades em decorrência da exposição dos aplicadores ao produto (DAVANZO et al., 2001). Desta forma, estudos buscam um produto alternativo ao Dormex®.

### **2.3.2. Giberelinas.**

Embora considerada um hormônio vegetal, apenas algumas giberelinas são responsáveis pelos efeitos nas plantas, a grande maioria é precursor ou metabólito (TAIZ; ZEIGER, 2004). As giberelinas determinam importantes alterações fisiológicas nas plantas, dentre elas divisão e expansão celular, induzem a germinação de sementes (que podem requerer exposição ao frio ou luz), estimulam a produção de enzimas como  $\alpha$ -amilase na germinação de sementes de cereais, estão envolvidas em processos de senescência e abscisão, quebra de dormência em gemas, manutenção da dominância apical e promovendo o alongamento de caule e brotos (DAVIES, 2004; METIVER, 1979; COLL et al., 2001).

No geral, as giberelinas são moléculas extremamente ativas que podem incrementar tanto o alongamento como a divisão celular conforme evidenciado pelos aumentos do comprimento e do número de células em resposta a aplicação de giberelinas. Giberelinas e Auxinas parecem exercer seus efeitos modificando as propriedades da parede celular, onde a taxa de alongamento pode ser influenciada tanto pela extensibilidade da parede celular quanto pela taxa de absorção de água controlada osmoticamente. No caso da auxina, o 'afrouxamento' da parede celular parece ser mediado, em parte, pela acidificação da parede celular; no caso da giberelina ocorre um aumento tanto na extensibilidade mecânica das paredes quanto no relaxamento por injúria das paredes das células vivas sem acidificação (TAIZ; ZEIGER, 2004). Os mesmos autores citam que a giberelina nunca está presente em tecidos com ausência completa de auxina e os efeitos da giberelina no crescimento podem depender da acidificação da parede induzida pela auxina. Assim, as respostas de crescimento à aplicação giberelinas e auxinas são aditivas.

Lavee (1973) relatou que em plantas dormentes há uma concentração menor de giberelinas e uma concentração maior de ácido abscísico. Aparentemente dias curto é o principal fator de alteração na concentração desses hormônios, onde o

ácido giberélico aparentemente é formado em dias longos e o ácido abscísico aparentemente é formado em dias curtos, assim a duração do dia deve controlar a chave metabólicas onde o sistema de fitocromos determina qual composto sintetizar.

Em muitas espécies as giberelinas agem como inibidoras do florescimento. Em videiras a quantidade pode variar de acordo com o estágio de desenvolvimento da gema latente. Inicialmente, durante a formação do tubo florífero (requerido no processo da formação da anlagem), promove o florescimento. Na fase de indução floral, fase de maturação dos ramos (após a colheita), inibe o florescimento transformando a anlagem em gavinha, ao invés de inflorescência (MULLINS, 1980; MULLINS et al., 1992). Este fenômeno recebe o nome de filagem.

Aplicações de ácido giberélico efetivadas desde o surgimento da inflorescência até o início de maturação dos cachos visam aumento da massa do cacho, do teor de sólidos solúveis totais e valores de pH (MOREIRA et al., 2010; VIEIRA et al., 2008).

Scienza et al. (1978) detectaram em videiras 'Cabernet Sauvignon' dois picos de produção de giberelinas durante a fase I de desenvolvimento das bagas. Os níveis alcançados nestes dois picos correlacionaram com o número de sementes produzidas por baga, onde esses picos se dão entre duas a quatro semanas após o florescimento. Neste período é muito comum a aplicação de ácido giberélico para aumentar o tamanho de cachos em uvas de mesa.

O produto comercial Pro-Gibb® possui 10% de  $GA_3$ , onde a época mais adequada para a aplicação é no início da formação das bagas (SOUZA, 1996). Ao aplicar em pleno florescimento pode promover o baixo pegamento de flores e alongamento dos engaxos, promovendo cachos mais soltos e quando aplicado 15 dias após o florescimento ou quando as bagas estiverem com 3 a 5mm de diâmetro promove o aumento do tamanho das bagas (MOREIRA et al., 2010; PIRES; BOTELHO, 2001; VIEIRA et al., 2008).

O ácido giberélico não é translocado no interior do cacho, uma vez que apenas as partes tratadas do cacho respondem ao produto. Assim, o maior aumento no tamanho de bagas é obtido quando os cachos são pulverizados ou imersos em soluções de ácido giberélico (LEÃO, 2000b).

### **2.3.3. Citocininas.**

Substâncias derivadas da base nitrogenada adenina, as citocininas tem efeitos fisiológicos nas plantas relacionados com a capacidade de divisão, alongamento e diferenciação celular, mobilização de nutrientes, formação e atividades dos meristemas apicais, ruptura da dominância apical, retardamento da

senescência em folhas e frutos, germinação de sementes e gemas, indução do florescimento, indução de partenocarpiã em frutos entre outros (DAVIES, 2004; PETRI et al., 1992; REYNOLDS et al., 1992; CASTRO; VIEIRA, 2001; COLL et al., 2001).

A citocinina está ligada à abertura dos canais de cálcio da membrana plasmática, promovendo o aumento da concentração de cálcio no citoplasma, este que é utilizado na síntese de pectatos de cálcio na parede celular, promovendo o alongamento celular e atua como mensageiro secundário promovendo a ativação de proteínas quinase e ligação com a calmodulina (molécula de afinidade com o cálcio responsável pela ativação enzimática que levará aos efeitos do hormônio). A citocinese (divisão do citoplasma) ocorre devido a ação da citocinina durante o processo de divisão celular onde sua concentração pode variar em função de órgão, estado de desenvolvimento da planta e das condições ambientais. De maneira geral, as concentrações de citocinina são encontradas em regiões meristemáticas ou em órgãos de crescimento com alta taxa de divisão celular, como folhas jovens, fruto, raiz, sementes em desenvolvimento. O meristema apical da raiz é o principal local de citocininas nas plantas e estas são translocadas via xilema para a parte aérea da planta; quando se encontram em folhas são relativamente imóveis, portanto, quando aplicado em folhas exercem efeito localizado (CASTRO; VIEIRA, 2001; COLL et al., 2001; TAIZ; ZEIGER, 2004).

Segundo Taiz; Zeiger (2004) as citocininas estimulam a mobilização dos assimilados (criando forte relação fonte-dreno alterando o metabolismo da área tratada fazendo com que ocorra uma concentração de nutrientes nesta região, inibindo sua saída) e estimulam o crescimento de gemas laterais, onde a síntese de citocinina nas gemas laterais é inibida pela auxina no ápice. Ao remover as gemas apicais o nível de citocininas, nutrientes ou ambos em gemas laterais se eleva, estimulando seu crescimento. Porém quando o ápice é removido o nível de ácido abscísico nas gemas laterais diminui devido aos níveis de auxina no ramos, estas que mantêm os níveis de ácido abscísico elevados.

O desponte dos ramos no início do período de rápido crescimento é necessário para aumentar a fertilidade de gemas das brotações laterais em cultivares de videiras com baixa fertilidade de gemas pelo aumento da concentração de citocinina. Coll et al. (2001) verificaram que as citocininas produzidas nas raízes são transportadas através do xilema até as folhas onde são acumuladas durante a primavera e início do verão. Quando a folha alcançar o máximo desenvolvimento, estas citocininas são metabolizadas e seus metabólitos são exportados via floema a outros órgãos, provavelmente os frutos.

Quando as gemas latentes iniciam sua atividade, os primórdios das

inflorescências (formados no ciclo anterior) passam por um rápido desenvolvimento dando origem aos primórdios das flores. O xilema apresenta, durante a fase de brotação de gemas e florescimento, alta atividade de citocinina, existindo evidências de que as citocininas produzidas nas raízes estariam envolvidas na regulação e diferenciação de flores (MULLINS et al., 1992).

A eficiência do thidiazuron ( $N^1$ -fenil- $N'$ -1,2,3-tiadiazol-5-ilurea), produto a base de citocinina mais 4% de óleo mineral na superação de gemas de macieira foi comprovada por Araujo et al. (1998) inclusive com antecipação, tendo em vista que na primeira avaliação o tratamento apresentou 72,84% e o controle 13,72% de brotação. Embora alguns reguladores vegetais com ação semelhante a citocinina tenham demonstrado resultados satisfatórios sobre a melhoria e qualidade dos cachos (MOREIRA et al., 2010; VIEIRA et al., 2008) seu emprego tem sido limitado, principalmente pela inexistência de informações a respeito do comportamento destes reguladores vegetais para as condições de viticultura tropical.

Além das citocininas purínicas (que apresentam anel amino-purina, existem as não purínicas, que aumentam a atividade das citocininas purínicas endógenas, dentre elas, as derivadas da uréia. Arima et al. (1995) citam que a citocinina sintética tipo feniluréia, como o forclorfenuron (CPPU) tem atividade muito mais elevada do que algumas citocininas tipo adenina. Outra citocinina sintética não-purínica é o thidiazuron (TDZ), uma feniluréia do mesmo grupo que o CPPU. Na fruticultura há estudos que comprovam a eficiência do TDZ na frutificação de fruteiras de clima temperado (PETRI et al., 2001).

O CPPU é um produto utilizado em diversos países produtores de uva de mesa, porém atualmente sua utilização não é permitida em muitos países, além de não ser um produto registrado para uso comercial no Brasil, o que tem levado à utilização de produtos naturais que contenham citocininas (LEÃO et al., 1999; LEÃO et al., 2004a).

#### **2.4. O sensor Multiplex®.**

Desenvolvido na França, o Multiplex® é um sensor multiparamétrico portátil baseado na excitação de diodos emissores de luz (LED) e detecção de fotodiodos filtrados desenvolvido para realizar avaliações não-destrutivas a campo sob luz do dia e pode ser usado em folhas e frutos.

**Tabela 1.** Nomenclatura dos índices do Multiplex®. O nome de cada sinal da fluorescência da luz de emissão matriz é definida pela abreviação da sua cor de emissão de luz separada por um subtraço para a abreviação da sua cor de luz de excitação: fluorescência no amarelo (YF), vermelho (RF) e vermelho distante (FRF) excitado por luz ultravioleta (\_UV), azul (\_B) ou vermelho (\_R). O comprimento de

onda médio de cada cor está indicado entre parênteses.

Emissão (nm)	Excitação (nm)			
	UV	Azul (B)	Verde (G)	Vermelho-Laranja (R)
	373	470	516	635
YF (590)	YF_UV	YF_B <sup>a</sup>	YF_G <sup>a</sup>	YF_R <sup>a</sup>
RF (685)	RF_UV	RF_B	RF_G	RF_R
FRF (735)	FRF_UV	FRF_B	FRF_G	FRF_R

<sup>a</sup> estes sinais são a luzes refletidas em vez da fluorescência.

O sensor possui seis fontes de luz UV (Matrizes LED) em 375nm protegidos por filtros e possui três (vermelho, azul e verde) Matrizes LED emitindo luz em 410nm (B), 516nm (G) e 635nm (R). O aparelho ilumina uma superfície de 8cm de diâmetro (50cm<sup>2</sup>), a 10cm de distância das fontes e dos detectores de luz, onde são posicionados as amostras levando menos de um segundo por aferição. Os LEDs são pulsados sequencialmente em 476Hz com 20µs por flash com cada medida consistindo em 500 flashes de quatro cores (UV, B, G e R). Um conjunto de relações escolhidas após cada série de flashes de quatro cores é calculado e posteriormente a média e o desvio padrão de 500 medidas dos 12 sinais e 10 relações são gravadas em um cartão de memória e mostradas na tela do sensor.

Alguns dos índices obtidos pelo aparelho podem se adequar melhor para determinada situação do que outros e podem ser descritos como:

1 – FER\_RUV = FRF\_R/RF\_RF\_UV está ligada a classificação das folhas conforme os flavonóides segundo Bilger et al. (Bilger et al., 1997; Bilger et al., 2001).

2 – FER\_RG = FRF\_R/FRF\_G está ligada a classificação das folhas por antocianinas (Pfündel et al., 2007).

3 – FLAV = logFER\_RUV = log(FRF\_R/FRF\_UV), este valor é proporcional ao conteúdo de flavonóides na folha (Cerovic et al., 2002) e no fruto (Cerovic et al., 2008)

4 – ANTH = logFER\_RG = log(FRF\_R/FRF\_G), proporcional ao conteúdo de antocianinas na epiderme de folhas (Agati et al., 2005) e casca de bagas de uva (Agati et al., 2007)

5 e 6 – SFR\_G e SFR\_R relacionam-se com o conteúdo de clorofila da amostra. São taxas simples de fluorescência de clorofila de emissão vermelho-distante (FRF, 735nm) dividido por emissão vermelha (RF, 685nm), com excitação verde (G) ou vermelha (R). Com a sobreposição do espectro de absorção e emissão da clorofila, a reabsorção ocorre em comprimento de onda curto (RF) mas não em comprimentos de onda longo (FRF). A relação SFR = FRF/RF aumenta com o aumento do conteúdo de clorofila da amostra. Esta relação pode depender da espécie e precisa de calibração

do equipamento para cada espécie.

7 – BRR\_FRF = Taxa de emissão do azul para vermelho é utilizado em várias situações, como deficiência de nutrientes, estresse hídrico (Dahn et al., 1992), discriminação de espécies de plantas (Cerovic et al., 1999), maturação de cachos de uva (Cerovic et al., 2008) entre outros. É usado em condições muito bem definidas.

8 e 9 –  $NBI\_G = FRF\_UV/RF\_G$  E  $NBI\_R = FRF\_UV/RF\_G$ . São taxas de excitação-emissão complexas que dependem do conteúdo de clorofila e flavonóides da epiderme. Entende-se NBI como Índice de Balanço de Nitrogênio (Nitrogen Balance Index) baseado no trabalho da *Biospectroscopy team* em Orsay em trigo (Cartelat et al., 2005) e em várias espécies lenhosas (Meyer et al., 2006; Demotes et al., 2008). O índice responde a nutrição de nitrogênio nas plantas e pode ser usado diretamente em estudos de comparação. Devido a possibilidade de interferência das taxas envolvidas um novo índice foi desenvolvido por Agati et al. (2013)  $NBI^1 = FRF\_UV*FRF\_G/FRF\_R^2$ .

10 - FERARI =  $\log(5000/FRF\_R)$  foi apresentado por mostrar boa correlação com o conteúdo de antocianinas em bagas de uvas tintas por Ben Ghazlen et al. (2010). Este índice é limitado a distância da amostra por usar somente uma taxa simples de fluorescência, deste modo o índice é mais adequado para avaliação de bagas em uma bandeja ou sobre um fundo preto, podendo substituir etapas da química laboratorial.

## **Modelagem não destrutiva de medidas químicas de frutos de uva Red Glob em função de medidas do multiplex**

### **Introdução**

Fatores de solo e ambiente durante o ano influenciam no desenvolvimento da uva no campo e, embora práticas culturais possam corrigir parcialmente os efeitos dessa influência, o campo continuará dependente da heterogeneidade das parcelas durante o ano. É possível avaliar e mapear a estrutura espacial e variabilidade de um vinhedo fora de época (com amostras de solo), durante a vegetação (avaliação do vigor das plantas), na colheita (atributos qualitativos) e após a colheita (vigor pela biomassa de madeira produzida).

Dentre as técnicas de sensoriamento mais recentes da agricultura de precisão a fluorescência se destaca como técnica de sensoriamento óptico mais recente proposta para avaliar folhas e frutos em diversas situações através de um método sem contato e não-destrutivo. Em videiras o sensor de fluorescência portátil possibilita realizar avaliações com rapidez e possibilidade de avaliar todos os cachos (Cerovic et al., 2008) ou contínuas camadas de bagas (Ben Ghazlen et al., 2008). Deste modo é possível evitar o grande número de amostras necessário para a avaliação laboratorial e assegurar a qualidade das uvas produzidas.

Para que a correlação dos dados obtidos pelo sensor com os atributos químicos da maturação química e tecnológica tenha credibilidade é necessário um estudo de modelagem seguindo uma série de critérios de modo a validar a melhor equação. O objetivo deste estudo foi correlacionar os índices obtidos pelo sensor de fluorescência Multiplex® (ANTH\_RG, FLAV, FERARI, SFR\_R e NBI\_G) com os atributos químicos de qualidade (Sólidos Solúveis Totais, Acidez Total Titulável e pH) e definir o melhor modelo para determinar através de análise não destrutiva o ponto de colheita.

### **Material e Métodos**

O experimento foi realizado em um plantio comercial no município de Montanha (ES), no dia 19/11/2015, com temperatura mínima do dia de 22 °C e máxima de 32 °C, com radiação média de 2793 KJ/m<sup>2</sup>. Foram utilizados cachos de videira 'Red Glob' enxertada em porta-enxerto IAC 766. Os tratamentos foram cinco graus de maturação dos cachos, sendo 1 - verde duro, 2 - verde mole, 3 – rosada clara, 4 – rosada e 5 rosada escura. Foram utilizados os índices do aparelho Multiplex® (FORCE A, França) e as avaliações foram realizadas pelo período da tarde. Após as aferições no campo

os cachos foram levados para o laboratório de Viticultura e Enologia do Centro Universitário Norte do Espírito Santo (CEUNES) onde foram aferidos Sólidos Solúveis Totais (°Brix), acidez total titulável (g/100mL ácido cítrico) e pH.

As bagas foram retiradas do engaço e trituradas em um liquidificador, para avaliar o teor de Sólidos Solúveis Totais foi utilizado um refratômetro de Brix, para o pH foi utilizado um pHmetro. Para a Acidez Total Titulável foi utilizado 5mL de polpa em um erlenmeyer e completou com água destilada até o volume de 50mL, adicionando três a quatro gotas de indicador fenolftaleína seguido por titulação por NaOH 0,1M. Os valores de Acidez Total Titulável foram calculados pela fórmula  $ATT(g/100mL \text{ de amostra}) = \frac{n \times N \times Eq}{10 \times V}$  (MAPA, 1990), onde n é o volume da solução de NaOH utilizado na titulação, em mL, N é a normalidade da solução de NaOH, V é o volume da solução utilizado, em mL, Eq é o equivalente-grama do ácido (ácido cítrico = 64,02).

Os dados obtidos em laboratório (°Brix, ATT e pH) foram correlacionados com os índices obtidos com o Multiplex® (ANTH\_RG, FLAV, SFR\_R, NBI\_G, FERARI). Para cada modelo obtido foi verificada o ajuste mais adequado, por meio do coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e do erro absoluto médio (EAM), dado por  $EAM = \frac{\sum_{i=1}^n |\hat{Y}_i - Y_i|}{n}$ . Os resíduos obtidos entre os valores medidos e, os valores ajustados por cada equação de cada modelo, foram submetidos ao teste de Shapiro-Wilk para verificação da normalidade, simetria e curtose.

Os critérios utilizados para a seleção dos modelos que melhor estimam as características químicas de frutos de uva por meio das medidas do Multiplex® foram, com base nos parâmetros estimados: coeficiente de determinação ( $R^2$ ) mais próximo de um e acima de 0,8; erro absoluto médio (EAM) mais próximo de zero, normalidade do erro estatístico. As análises estatísticas foram realizadas com auxílio do aplicativo Microsoft Office Excel e do software Genes (Cruz, 2013).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os testes de média mostraram que houve diferença entre os tratamentos, ou seja, os cinco estádios de maturação estão bem definidos. O aumento no conteúdo de Sólidos Solúveis Totais (°Brix) e no valor de pH e, conseqüentemente, o a redução nos valores de Acidez Total Titulável (g/100mL ácido cítrico) são mudanças que ocorrem conforme o fruto vai atingindo a maturação fenólica e tecnológica.

As bagas acumularam Sólidos Solúveis Totais durante todo seu período de desenvolvimento, com uma acumulação rápida nos primeiros estádios do fruto (Fase I), seguido por um período com uma acumulação mais lenta (Fase II) retomando uma



acumulação mais intensa nos estádios finais. Os valores de pH seguiram o mesmo comportamento enquanto a Acidez Total Titulável foi reduzindo conforme as outras características aumentaram seus valores. Este fato é explicado devido ao comportamento da videira onde, durante a Fase II, a maturação do embrião da semente ocorre, explicando a baixa acumulação de açúcares e elevação do pH seguido por um aumento intenso desses valores conforme descrito por Mullins et al. (1992).

**TABELA 1.** Análise de variância dos atributos químicos encontrados em 25 cachos de uva (*Vitis vinifera* L. cv. Red Glob), valores seguidos de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de tukey a 5%.

Fator 1	°Brix	ATT(g/100mL ácido cítrico)	pH
1	5,24 e	2,738 a	2,716 d
2	10,12 d	1,03 b	3,242 c
3	11,92 c	0,562 c	3,55 b
4	13,94 b	0,482 c	3,69 a
5	15,12 a	0,434 c	3,8 a

Todos os índices obtidos pelo Multiplex®, com exceção do índice referente ao conteúdo de flavonóides, seguiram a mesma tendência dos atributos químicos encontrados. Cerovic et al. (2009) obteve redução nos índices de flavonóides em variedades de uvas tintas, este fato pode ter ocorrido devido aos sinais usados para o seu cálculo, que podem ter sido influenciados pelas mudanças no conteúdo de antocianinas, o mesmo não ocorreu com a variedade branca 'Chardonnay'. Bogs et al. (2005) sugerem que os taninos começam a ser sintetizados antes da baga ser formada. Downey et al. (2003a) estudando as mudanças no conteúdo de flavonóides em bagas de uva 'Shiraz' e 'Chardonnay' mostraram que a síntese de flavonóides começa no florescimento e os níveis aumentam até o período de veraison, enquanto os valores se mantiveram constantes na variedade branca 'Chardonnay' os valores para 'Shiraz' continuaram a aumentar após o veraison. Cerovic et al. (2009) representaram por modelos exponenciais variogramas em função do índice de flavonóides com diferentes pontos cardiais obtendo diferentes valores mostrando grande dependência espacial, principalmente, devido ao índice de vegetação.

O índice referente ao teor de antocianinas na casca das bagas (ANTH\_RG) consegue mostrar a diferença nos conteúdos na baga antes, durante e depois do veraison. Em relação ao índice FERARI (outro índice relacionado com antocianinas), ANTH\_RG mostrou maior distinção entre os tratamentos. Este fato pode ter ocorrido devido ao índice FERARI ser mais apropriado para situações mais específicas. Bem Ghozlen et al. (2008) não obteve comportamento homogêneo dos índices de antocianina, afirmando a necessidade de mais estudos. Tuccio et al. (2011) utilizando uma versão anterior do sensor deste estudo, detectaram diferença nos índices de antocianina em diferentes regimes de água. Ben Ghozlen et al. (2010) explica que as variações observadas são devido a influências nas propriedades ópticas causadas por mudanças na baga durante o ciclo, aumentando a transparência e a proporção de polpa. A síntese de antocianinas inicia no veraison, como resultado a casca da baga muda a cor de verde para vários tons de vermelho para o roxo/preto e preto, estas ocorrem possivelmente devido a efeitos de vários pigmentos associados. No processo de maturação as bagas alcançam um ponto máximo de acúmulo de antocianinas seguido por um decréscimo, devido a ação de enzimas localizadas no vacúolos (Keller, Hrazdina, 1998). Este decréscimo não foi demonstrado no presente estudo provavelmente devido a colheita antes das bagas atingirem o ponto máximo de acúmulo de açúcar. É uma prática comum para vitivicultores deixar os frutos maturarem até o máximo nível de açúcar, neste caso o nível de antocianinas pode demonstrar aumento durante este período devido a redução do peso da baga.

O comportamento do índice de teor de clorofila (SFR\_R) é explicado pelos índices de antocianina, por se tratar de uma variedade tinta, os teores de clorofila reduzem até estabilizar no momento em que se inicia a mudança de cor. Esta redução ocorre devido a transformação e/ou degradação da clorofila em outros compostos na baga. Ben Ghozlen et al. (2010) encontrou aumento mais flutuante nos teores de clorofila em variedades tintas durante a maturação, porém tanto as variedades tintas quanto as brancas tiveram redução nos teores de clorofila. Siqueira et al. (2014) identificaram, através do índice de clorofila, variabilidade de Nitrogênio em Milho a partir do estágio de crescimento V3 quando apenas a deficiência de Nitrogênio estava presente. Rossato et al. (2012) correlacionou os índices de clorofila com o teor de  $\text{N-NO}_3^-$  no pecíolo, produção de biomassa e produtividade, mostrando a amplitude de situações que o sensor pode ser utilizado.

O índice NBI\_G é relacionado com o balanço de nitrogênio da amostra, relacionando de forma complexa o conteúdo de clorofila e flavonóides da epiderme. Este balanço pode provavelmente descrever as relações fonte-dreno das amostras em diversas situações. No caso do presente estudo foi possível distinguir um aumento nos

valores dos índices, acompanhando o teor de antocianinas e o decréscimo no teor de clorofila da amostra, chegando a quase o triplo no grau de maturação mais elevado. Este índice pode ser utilizado, provavelmente, para distinguir e mapear diferentes áreas de uma lavoura e correlacionar com diversas situações como, por exemplo, deficiência de nutrientes (Rossato et al., 2012). Embora o teor de clorofila na amostra decresce com o processo de maturação, a presença de outros compostos e uma possível interferência nas propriedades ópticas citados contribuem para o aumento nos valores dos índices. Segundo Cerovic et al. (1999) além da clorofila, os compostos fenólicos presentes na epiderme também são afetados pela disponibilidade de Nitrogênio na planta, ou seja, em baixa disponibilidade de Nitrogênio as plantas alocam o excesso de Carbono na síntese de compostos fenólicos.

**Tabela 2.** Análise de variância dos índices fornecidos pelo Multiplex® a partir de frutos de 25 cachos de uva (*Vitis vinifera* L. cv. Red Glob), valores seguidos de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de tukey a 5%.

Fator 1	ANTH_RG	FLAV	FERARI	NBI_G	SFR_R
1	0,07352 c	0,2431 a	0,35754 c	0,73172 c	1,05772 a
2	0,16228 c	0,14862 a	0,38404 c	0,848 c	0,80376 b
3	0,28504 b	0,12182 a	0,44118 bc	1,01318 c	0,68284 c
4	0,51734 a	0,18718 a	0,59326 ab	1,5184 b	0,6731 c
5	0,58225 a	0,19076 a	0,6694 a	1,9126 a	0,66776 c

De maneira geral foi possível distinguir as fases da maturação do fruto, a Fase I foi demonstrada pelos estádios 1 e 2, a Fase II no estádio 3 e a Fase III nos estádios 4 e 5. Deste modo as correlações obtidas explicam o comportamento das bagas durante a maturação e estimam o conteúdo de outros atributos devido a relação entre todos esses fatores. Os critérios utilizados para escolher a melhor equação foram coeficiente de determinação ( $R^2$ ) acima de 0,8, erro absoluto médio (EAM) mais próximo de zero e valor p do teste de normalidade de Shapiro-Wilk acima de 0,05.

A correlação dos índices de antocianina (ANTH\_RG) com os atributos químicos encontrados em laboratório mostrou que um modelo potencial foi o mais adequado para estimar o teor de sólidos solúveis pela equação  $^{\circ}\text{BRIX} = 19,68x^{0,447}$ . O modelo é explicado porque à medida que o cacho vai maturando a antocianina é sintetizada. A mesma relação não foi obtida com os valores de Acidez Total Titulável (ATT), onde o

modelo quadrático

$ATT \text{ (g/100mL ácido cítrico)} = -15,04x^2 + 13,75x + 3,302$  foi mais adequado. Embora o modelo potencial tenha obtido um coeficiente de determinação maior, a distribuição dos erros dos desvios não foi normal. Este comportamento é explicado porque durante a Fase II a acidez se mantém nos valores mais elevados até a semente atingir o ponto de maturação do embrião. Com relação ao pH o modelo exponencial  $pH = 4,1375x^{0,1464}$  adequou-se a todos os critérios utilizados na seleção. Na mesma linha que os Sólidos Solúveis Totais, o pH vai aumentando ao longo da maturação, este fenômeno é explicado pela redução no conteúdo de ácidos após o embrião atingir a maturação, porém o pH mostrou mais distinção entre os estádios de maturação do que os valores de Acidez Total Titulável.

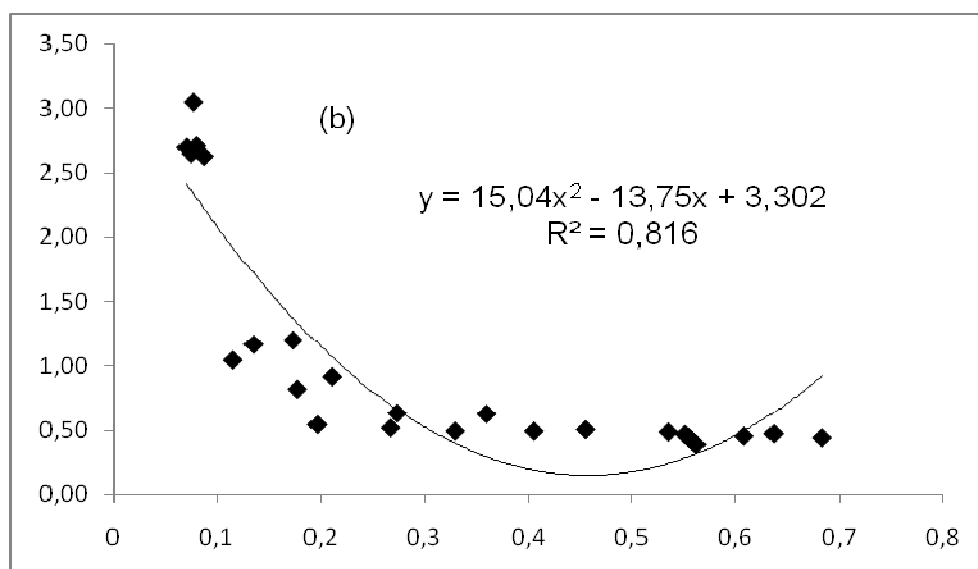
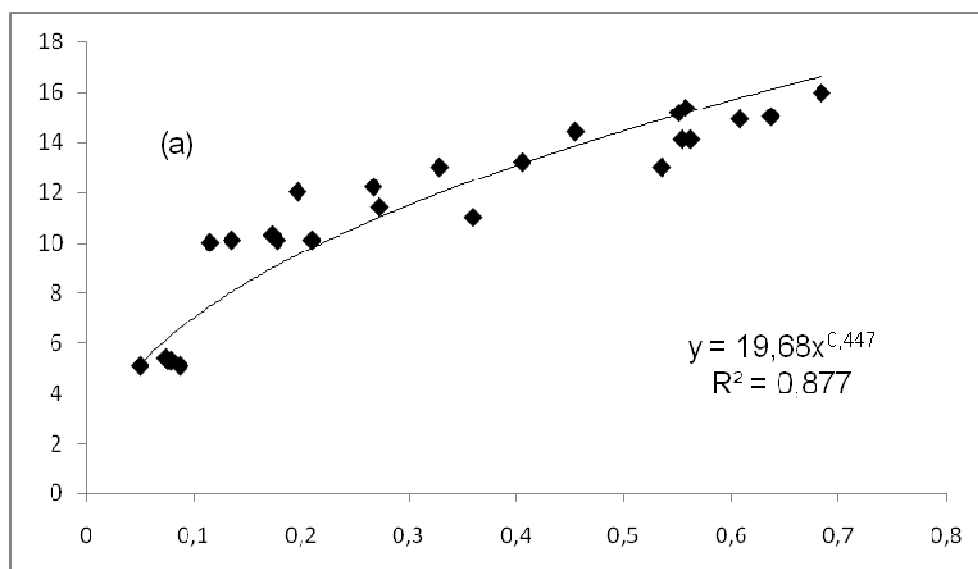
**TABELA 3.** Equações para determinação de características químicas em função de medidas do índice ANTH\_RG por meio do Multiplex® e seus respectivos coeficiente de determinação ( $R^2$ ); erro absoluto médio (EAM) e valor-p do teste de Shapiro-Wilk calculados pela diferença entre os valores medidos e os estimados pelas equações, a partir de frutos avaliados em 25 cachos de uva (*Vitis vinifera* L. cv. Red Glob)

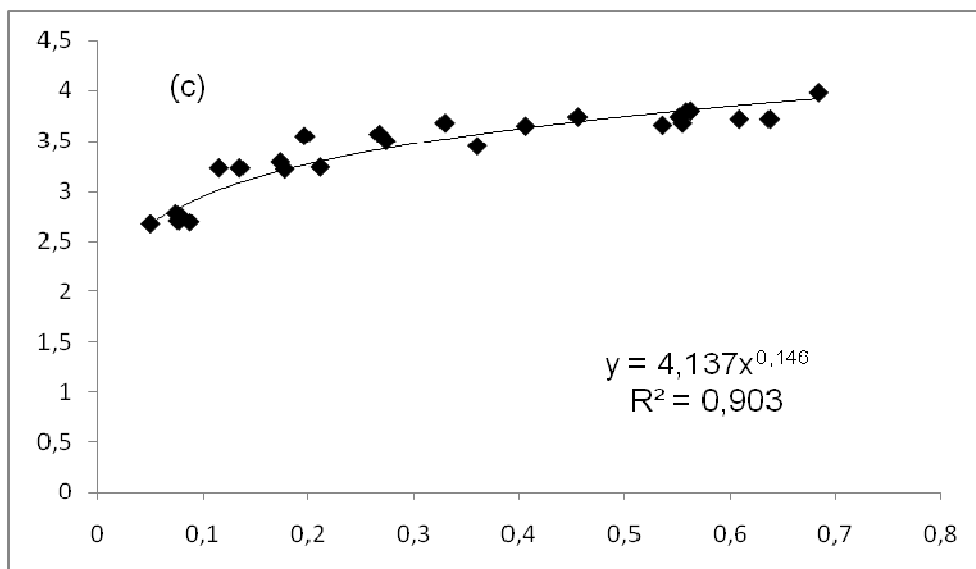
Modelo	Equação	$R^2$	EAM	Valor-p
°Brix				
Linear	$\hat{Y} = 15,33x + 6,267$	0,815	1,3564	0,0528
Quadrático	$\hat{Y} = 31,48x^2 + 37,35x + 3,777$	0,889	0,9438	0,0443
Potencial	$\hat{Y} = 19,68x^{0,447}$	0,877	1,028	0,1612
ATT				
Linear	$\hat{Y} = -3,177x + 2,088$	0,555	0,5009	0,1978
Quadrático	$\hat{Y} = -15,04x^2 + 13,75x + 3,302$	0,816	0,3076	0,0611
Potencial	$\hat{Y} = 0,252x^{-0,83}$	0,884	0,2288	0,0002
pH				

Linear	$\hat{Y} = 1,6905x + 2,8494$	0,7795	0,1544	0,4028
Quadrático	$\hat{Y} = 4,3294x^2 + 4,7183x + 2,5072$	0,8902	0,1040	0,0459
Potencial	$\hat{Y} = 4,1375x^{0,1464}$	0,9037	0,1017	0,2998

---

**FIGURA 1.** Modelos obtidos para correlação entre os índices de antocianina (ANTH\_RG) e os valores de (a) Sólidos Solúveis Totais (°Brix), (b) Acidez Total Titulável (g/100mL ácido cítrico) e (c) pH





O índice relacionado ao teor de clorofila da amostra (SFR\_R) teve distribuição normal dos desvios do erro estatístico, somente com o teor de Sólidos Solúveis Totais pelo modelo  $^{\circ}\text{Brix} = 6,374x^{-1,87}$ . Para os atributos químicos ATT e pH, os coeficientes de determinação apresentaram valores dentro do aceitável, mas os desvios do erro estatístico não seguiram distribuição normal. Este índice pode provavelmente não representar muito bem a dinâmica da maturação dos cachos, mas em folhas e em fileiras de plantas (Rossati et al., 2012; Siqueira et al., 2014) pode ser mais eficiente.

**TABELA 4.** Equações para determinação de características químicas em função de medidas do índice SFR\_R por meio do Multiplex® e seus respectivos coeficiente de determinação ( $R^2$ ); erro absoluto médio (EAM) e valor-p do teste de Shapiro-Wilk calculados pela diferença entre os valores medidos e os estimados pelas equações, a partir de frutos avaliados em 25 cachos de uva (*Vitis vinifera* L. cv. Red Glob)

Modelo	Equação	$R^2$	EAM	Valor-p
$^{\circ}\text{Brix}$				
Linear	$\hat{Y} = -20,18x + 26,95$	0,829	10,2246	0,0007
Quadrático	$\hat{Y} = 14,15x^2 - 44,78x + 37,16$	0,841	10,2193	0,0040
Potencial	$\hat{Y} = 6,374x^{-1,87}$	0,859	10,1398	0,0808
ATT				
Linear	$\hat{Y} = 5,186x - 2,98$	0,878	0,2357	0,0060

Quadrático	$\hat{Y} = 0,621x^2 + 4,106x - 2,532$	0,878	0,2306	0,0058
Potencial	$\hat{Y} = 2,032x^{3,445}$	0,887	0,2275	0,0000
pH				
Linear	$\hat{Y} = 2,298x + 5,186$	0,846	0,1250	0,0145
Quadrático	$\hat{Y} = 2,057x^2 - 5,783x + 6,671$	0,865	0,1145	0,0106
Potencial	$\hat{Y} = 2,865x^{-0,6}$	0,863	0,1218	0,0122

---

**Figura 2.** Modelo obtido para a correlação entre o índice de teor de clorofila (SFR\_R) e os valores do teor de Sólidos Solúveis Totais (°Brix).

