

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
RIO GRANDE DO SUL
CAMPUS BENTO GONÇALVES

**RELAÇÕES HÍDRICAS, CONSUMO DE ÁGUA, COEFICIENTE DE
CULTURA (K_c) E MANEJO DE IRRIGAÇÃO EM CULTIVO
PROTEGIDO DE VIDEIRA**

Luís Paulo ZANROSSO

Bento Gonçalves, fevereiro de 2021

Luís Paulo ZANROSSO

**RELAÇÕES HÍDRICAS, CONSUMO DE ÁGUA, COEFICIENTE DE
CULTURA (K_c) E MANEJO DE IRRIGAÇÃO EM CULTIVO
PROTEGIDO DE Videira**

Trabalho de conclusão apresentado junto ao curso de Tecnólogo em Viticultura e Enologia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul.

Orientador: Professor Dr. Leonardo Cury da Silva.

Bento Gonçalves, fevereiro de 2021

Luís Paulo ZANROSSO

**RELAÇÕES HÍDRICAS, CONSUMO DE ÁGUA, COEFICIENTE DE
CULTURA (Kc) E MANEJO DE IRRIGAÇÃO EM CULTIVO
PROTEGIDO DE Videira**

Trabalho de conclusão apresentado
junto ao curso de Tecnólogo em
Viticultura e Enologia do Instituto
Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Rio Grande do Sul.

Orientador: Professor Dr Leonardo Cury
da Silva.

Aprovada em fevereiro, 2021

Prof. Dr. Leonardo Cury da Silva

Prof. Dr. Marcus André Kurtz Almança

Prof. Me. Luis Carlos Diel Rupp

RESUMO

A uva está entre as principais frutas produzidas no Brasil, sendo a Serra Gaúcha a principal região produtora. Cerca de metade da produção é destinada para consumo 'in natura'. Devido ao alto índice pluviométrico da Encosta Superior da Serra do Nordeste do RS, o cultivo de variedades para esta finalidade só é possível com o auxílio da plasticultura nesta região. Há diferenças microclimáticas entre os cultivos convencional e protegido, destacando-se a redução da demanda evaporativa atmosférica em cerca de um terço, pela atenuação da velocidade do vento sob o plástico. Frequentemente o uso da cobertura está relacionado com irrigação, este manejo vem sendo conduzido de forma empírica causando perdas financeiras e qualitativas. Este trabalho teve como objetivos a validação do protótipo minitanque evaporimétrico SM em cultivo protegido na Serra Gaúcha para controle de rega, avaliar rachadura de bagas, comparação de correção da lâmina evaporimétrica baseada em diferentes níveis de ETc, além da avaliação da maturação tecnológica e características físicas das bagas. Foram utilizadas plantas de *Vitis vinífera* L. cv. Itália, com dezesseis anos de idade, enxertadas sobre o porta-enxerto '420A' e espaçadas a 1,8 m entre plantas e 3,0 m entre filas durante os ciclos 2017/18 e 2018/19. Os tratamentos foram definidos em calibração da irrigação em 100% da ETc e 80% da Etc. Reposições hídricas de 80% da ETc não alterou as características físicas, tampouco de rendimento, além de não alterar na maturação tecnológica das bagas. Não houve diferenças significativas na incidência de rachadura de bagas. A metodologia baseada na reposição hídrica baseada na lâmina evaporada dos minitanques mostrou-se altamente eficaz para controle da irrigação.

Palavras-chave: *Vitis vinífera*, maturação tecnológica, rachaduras de bagas, irrigação.

ABSTRACT

Grapes are among the main fruits produced in Brazil, with Serra Gaúcha being the main producing region. About half of the production is destined for 'in natura' consumption. Due to the high rainfall index of the Upper Hillside of Serra do Nordeste do RS, the cultivation of varieties for this purpose is only possible with the help of plasticulture in this region. There are microclimate differences between conventional and protected crops, with a reduction of about one third in atmospheric evaporative demand, due to the attenuation of wind speed under plastic. Often the use of cover is related to irrigation, this management has been conducted in an empirical manner causing financial and qualitative losses. The objective of this work was to validate the SM mini-tank evaporimetric prototype in protected cultivation in the Serra Gaúcha for irrigation control, to evaluate berry cracking, to compare the evaporimetric blade correction based on different levels of ET_c, in addition to the evaluation of technological maturity and physical characteristics. of the berries. Plants of *Vitis vinífera* L. cv. Italy, aged sixteen, grafted onto the '420A' rootstock and spaced 1.8 m between plants and 3.0 m between rows during the 2017/18 and 2018/19 cycles. The treatments were defined in irrigation calibration in 100% of ET_c and 80% of Etc. Water replacements of 80% of ET_c did not change the physical characteristics, nor the yield, besides not changing the technological maturation of the berries. There were no significant differences in the incidence of cracking of berries. The methodology based on water replacement based on the evaporated blade of the mini-tanks proved to be highly effective for irrigation control.

Keywords: *Vitis vinífera*, technological maturation, cracking of berries, irrigation.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1: Vinhedo no estágio fenológico 15 (Lorenz *et al.*, 1995), sob cobertura plástica impermeável sobre as linhas de cultivo (A e B), estrutura e dimensionamento dos arcos de PVC (A e B).....14
- Figura 2: Amostragem com anéis volumétricos para classificação do solo e seus horizontes BA (A), Bt (B) e Ap (C) segundo características morfológicas e ajuste da curva característica de água no solo da área experimental.....16
- Figura 3: Trincheira aberta para a classificação física e morfológica indicando os diferentes perfis de solo e suas profundidades. Detalhe da diferença visual (cor) entre as diferentes profundidades avaliadas.....17
- Figura 4: Curva ajustada da correlação entre o potencial matricial do solo (kPa) e a umidade volumétrica do solo ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$) dos horizontes BA e Bt no solo do vinhedo experimental.....18
- Figura 5: Lisímetros instalados na área experimental. Planta “isolada” com chapa galvanizada conformando o lisímetro de compensação (A). Vista do experimento evidenciando dois lisímetros em tratamentos distintos de restrição hídrica (B).....23
- Figura 6: Mini-tanque evaporimétrico “SM” (Costa, 2004), com piezômetro em detalhe instalado no estágio fenológico 00, gemas latentes segundo Lorenz et al, 1995, sob cultivo protegido (A). Mini-tanque “SM” instalado ao nível do dossel vegetativo no estágio fenológico 19 (B).....25
- Figura 7: Representação esquemática da variação média de volume das bagas nos cachos de plantas cultivadas sob distintas reposições de lâminas de irrigação baseadas no aplicado pelo viticultor (Tradicional) e na reposição da lâmina evapotranspirada do mini-tanque evaporador com K_{pSM} , tabelado referente a 80% da ETc no cultivo protegido da uva ‘Itália’ na colheita do ciclo 2017/18 e 2018/19.....34

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: Caracterização analítica do solo da área experimental. Bento Gonçalves, RS. 2009.....	16
TABELA 2: Valores médios de coeficientes de cultura (K_c) segundo Silva (2011) e coeficientes de correção das lâminas de irrigação K_{pSM} em 80% e 100% da ETc baseados nos estádios de desenvolvimento fenológico segundo o método do mini-tanque evaporimétrico (SILVA, 2011).....	28
TABELA 3: Valores médios de lâmina evaporada nos mini-tanques evaporimétricos (mm), precipitação pluviométrica (mm), lâmina de irrigação correspondente à 80% da ETc (mm), lâmina de irrigação correspondente à 100% da ETc (mm), volume de irrigação correspondente à 80% da ETc (L ha ⁻¹) e volume de irrigação correspondente à 100% da ETc (L ha ⁻¹) baseados nos estádios de desenvolvimento fenológico segundo o método do mini-tanque evaporimétrico (SILVA, 2011) no cultivo da variedade Itália sob cultivo protegido.....	32
TABELA 4: Características físicas das bagas em plantas cultivadas sob distintos níveis de irrigação complementar baseados nos coeficientes de correção das lâminas de irrigação K_{pSM} em 80% e 100% da ETc (Tradicional), baseados nos estádios de desenvolvimento fenológico segundo o método do mini-tanque evaporimétrico para o cultivo protegido da uva 'Itália' na colheita do ciclo 2017/18 e 2018/19. Bento Gonçalves, RS, 2020.....	34
TABELA 5: Características visuais e passíveis de ataque por doenças de origem fúngica em bagas de plantas cultivadas sob distintos níveis de irrigação complementar baseados nos coeficientes de correção das lâminas de irrigação K_{pSM} em 80% e 100% da ETc (Tradicional), baseados nos estádios de desenvolvimento fenológico segundo o método do mini-tanque evaporimétrico para o cultivo protegido da uva 'Itália' na colheita do ciclo 2017/18 e 2018/19. Bento Gonçalves, RS, 2020.....	36
TABELA 6: Parâmetros de maturação tecnológica na colheita das bagas em plantas cultivadas sob distintos níveis de irrigação complementar baseados nos coeficientes	

de correção das lâminas de irrigação Kp_{SM} em 80% e 100% da ETc (Tradicional), baseados nos estádios de desenvolvimento fenológico segundo o método do minitanque evaporimétrico para o cultivo protegido da uva 'Itália' na colheita do ciclo 2017/18 e 2018/19. Bento Gonçalves, RS, 2020.....38

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. MATERIAL E MÉTODOS	13
2.1 LOCALIZAÇÃO DO VINHEDO	13
2.2 COBERTURA PLÁSTICA	13
2.3 CARACTERIZAÇÃO DA VARIEDADE	14
2.4 CARACTERIZAÇÃO E DESCRIÇÃO DO SOLO PARA CALIBRAÇÃO DO MINI-TANQUE	15
2.4.1 Descrição morfológica dos horizontes	16
2.4.2 Curva de retenção da água do solo	17
2.5 CARACTERIZAÇÃO MESOCLIMÁTICA E MICROCLIMÁTICA DO VINHEDO SOB COBERTURA	19
2.6 CÁLCULOS DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO E COEFICIENTES DE CULTURA	20
2.6.1 Evapotranspiração da cultura (ETc)	22
2.6.2 Coeficiente de cultura Kc	23
2.6.3 Cálculo da ETc e Kp pelo método do mini-tanque evaporimétrico	25
2.6.4 Tabela de correção de lâminas de irrigação	26
2.7 MATURAÇÃO DAS BAGAS	28
2.8 COMPONENTES DO RENDIMENTO	29
2.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA	29
3. RESULTADO E DISCUÇÃO	31
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	42
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43

1. INTRODUÇÃO

Em um cenário mundial, no ano de 2016, conforme dados da OIV (*International Organisation of Vine and Wine*), a área de vinhedos no mundo alcançou os 7.453.532 hectares, enquanto que a produção mundial foi de 75.524.194 megagramas. Estima-se que cerca de 37% deste total são específicos para consumo '*in natura*'. Já em um cenário nacional a uva está entre as 5 frutas mais produzidas no Brasil, segundo dados do Anuário Brasileiro de Horti & Fruti (2019), entre os anos de 2016 e 2017, apesar de quebras na produção na Região Sul no primeiro ano citado, alcançou a quarta posição no ranking de valor total da produção. Outro dado importante se dá pelo consumo médio de quilogramas por habitante, que atingiu uma média de 3,6 kg anual.

A viticultura brasileira se situa, predominantemente nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Minas Gerais, Bahia e Pernambuco totalizando uma área de cerca de 78.028 hectares e uma produção total de 1.680.020 toneladas no ano de 2017, já no ano de 2018 a área registrada foi de 75.951 hectares e uma produção de 1.592.242 toneladas. Deste total, 51,3 % e 48,61 % respectivamente das uvas produzidas têm como finalidade o consumo '*in natura*' (Anuário Brasileiro de Horti & Fruti).

A Encosta Superior da Serra do Nordeste ("Serra Gaúcha") corresponde à principal região vitícola do Rio Grande do Sul e do Brasil. Essa região, apesar de ser considerada climaticamente viável ao cultivo de videiras (WESTPHALEN & MALUF, 2000 *apud* CHAVARRIA & SANTOS, 2009), apresenta uma ocorrência elevada de chuvas durante os períodos de maturação-colheita, favorecendo o desenvolvimento de doenças fúngicas além de perdas qualitativas significativas devido a diluição dos açúcares na baga.

Considerando esses aspectos de produção e clima, visando principalmente o controle fitossanitário, alguns produtores estão empregando a cobertura plástica na viticultura (CHAVARRIA & SANTOS, 2009). O uso de cobertura plástica pode ser

considerado como o mais recente insumo agrícola, visando o incremento da produção e da qualidade, quando as técnicas convencionais já foram esgotadas (Araújo & Castellane, 1996 *apud* SILVA, 2011). No Brasil, a utilização da cobertura plástica sobre as linhas de cultivo na Encosta Superior da Serra do Nordeste iniciou, com enfoque comercial, no final dos anos 80 na região de Caxias do Sul, onde existe um pólo de produção de uvas de mesa (Santos, 2005). Segundo Mota (2007), o uso de cobertura plástica em vinhedos no Brasil representou aproximadamente 700, 80 e 70 hectares, respectivamente, na região Nordeste do Brasil, e nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Nestas áreas protegidas, predomina o cultivo de *Vitis vinífera* destinada ao consumo *in natura*, sendo associada à utilização de sistemas de irrigação na maioria das situações (Santos, 2005).

Apesar destes investimentos em sistemas de irrigação, o controle ou manejo da rega tem sido conduzido de modo empírico e sem subsídios técnicos específicos. Conforme Silva (2011), são frequentes os registros de gastos desnecessários com excessos de irrigação, em conjunto com problemas de produção e qualidade. Em uma situação de estresse hídrico extremo, mesmo que, segundo Cardoso et al. (2008), a cobertura plástica reduz em um terço a demanda evaporativa atmosférica, muito por conta da diminuição em cerca de 90% da velocidade do vento embaixo da lona plástica, desta forma reduzindo a transpiração, a planta pode apesar de concentrar mais carboidratos, essa energia pode ser transformada em outros açúcares, o que pode comprometer as reservas da planta para o próximo ciclo (PIONÓRIO et. al., 2013). Já em um cenário de excesso hídrico pode gerar um crescimento vegetativo demasiado e apresenta-se como um fator de diluição dos sólidos solúveis totais, podendo proporcionar o rompimento das bagas (KELLER et. al., 2006).

Diante desse cenário, torna-se importante dispor de um controle real da demanda hídrica neste microclima protegido para se atingir a máxima eficiência no uso da água. Para isso, é de suma importância o conhecimento do momento correto da aplicação e da quantidade de água requerida pela cultura em questão. Com o manejo adequado da irrigação, evitando a aplicação excessiva ou deficiente de água, além de proporcionar economia de água e energia (COSTA, 2004), pode agregar mais qualidade e garantia de mercado para uva produzida.

Existem diferentes métodos para mensurar o momento e a quantidade de água a ser aplicada, como a medição do teor de água no solo, o que demanda muita mão de obra, medição da tensão da água no solo com o auxílio de tensiômetros, que são de fácil perda ou avaria a campo, e por final pela determinação da evapotranspiração, que pode ser realizada por meio de lisímetros que demandam alto custo, usando equações ou através de medidas realizadas em tanques evaporimétricos (COSTA, 2004).

Neste intuito foi desenvolvido na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), o protótipo denominado minitanque evaporimétrico SM, ferramenta de baixo custo e de fácil manejo. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a eficácia deste aparelho na região da Serra Gaúcha, em um vinhedo comercial de cultivo protegido e a influência da irrigação no rachamento das bagas em dois ciclos sob condição de correção da lâmina evaporimétrica baseada em 100% da ETc e 80% da ETc.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 LOCALIZAÇÃO DO VINHEDO

O presente trabalho foi realizado durante os ciclos de 2017/18 e 2018/19 em um vinhedo comercial localizado no Vale dos Vinhedos, no município de Bento Gonçalves, região ecoclimática do Planalto Superior Serra do Nordeste do Estado do Rio Grande do Sul (latitude 29°12'S, longitude 51°32'W e altitude aproximada de 660m).

O clima da região é classificado como temperado, do tipo fundamental Cfb (subtropical úmido de verões amenos), de acordo com a classificação de Köppen (1936). Janeiro e fevereiro são os meses mais quentes, com temperatura média máxima do ar 22,9°C. Junho e julho são os meses mais frios, quando a temperatura média máxima do ar se aproxima de 12,9°C, e a média mínima destes meses alcança 9°C. Apresenta chuvas distribuídas ao longo de todos os meses do ano, com total anual médio de 1736 mm, sendo a precipitação média acumulada durante o ciclo vegetativo:reprodutivo da videira de 1146 mm (EMBRAPA, 2020).

Foram utilizadas plantas de *Vitis vinifera* L. cv. Itália, com dezesseis anos de idade, enxertadas sobre o porta-enxerto '420A' e espaçadas a 1,8 m entre plantas e 3,0 m entre filas. As filas de plantas estavam orientadas de modo transversal à declividade do terreno (5 %), na direção norte-sul, sendo a condução em sistema latada descontínua com poda mista, deixando-se quatro varas com 5 gemas e 12 esporões com 2 gemas por planta, num total aproximado de 81 mil gemas por hectare.

2.2 COBERTURA PLÁSTICA

Para a cobertura do vinhedo foram utilizadas lonas plásticas de polipropileno (PP) trançado, transparente, impermeabilizado com polietileno de baixa densidade (PEBD - 160 µm), com aditivo anti-UV e antigotejo. Essas coberturas foram instaladas sobre arcos de PVC (0,75 m altura, 2,4 m largura (Figura 1)), distanciados a cada três

metros ao longo das linhas de plantio, com espaço de 40 cm nas entrelinhas, conferindo às plantas o efeito “guarda-chuva” (Figura 1). O vinhedo já se encontrava com a cobertura.

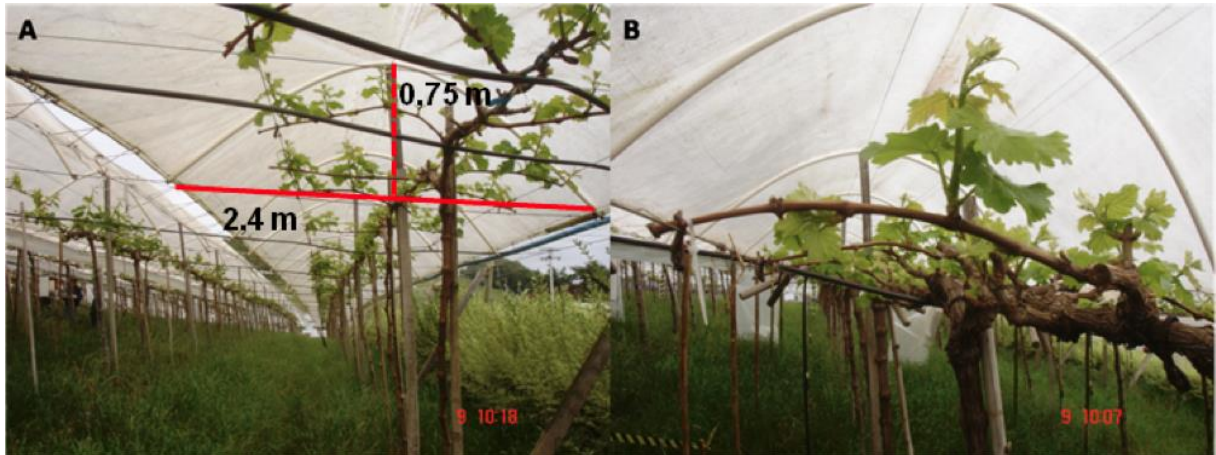


Figura 1: Vinhedo no estágio fenológico 15 (Lorenz *et al.*,1995), sob cobertura plástica impermeável sobre as linhas de cultivo (A e B), estrutura e dimensionamento dos arcos de PVC (A e B).

Fonte: Leonardo Cury, 2009.

2.3 CARACTERIZAÇÃO DA VARIEDADE

A variedade Itália (*Vitis vinifera* L.) foi denominada por Alberto Pirovano, em 1927, e foi originada do cruzamento entre as cultivares Bicane e Moscatel de Hamburgo, realizado em 1911 e, originalmente identificado como Pirovano 65 (Souza, 2002). Esta cultivar também é chamada ‘Ideal’ e ‘Muscat Itália’ na França e ‘Nestor’ no Egito. No Chile e no Peru, a denominação ‘Itália’ é erroneamente empregada para designar a cv. Moscatel de Alexandria. Na Argentina, ‘Itália’ é alcunha injustificada da ‘Criolla Grande’, cujas bagas, róseo-violáceas, com sulco na base, impedem semelhante confusão (Souza, 2002). Atualmente a produção da ‘Itália’ se concentra no Vale do São Francisco e nos estados de São Paulo, Minas Gerais, Paraná e Rio Grande do Sul, nesta ordem de importância por volume de produção, que abastecem o mercado interno, além de exportarem quantidades significativas (Souza, 2002).

No aspecto fitotécnico, é recomendada a sua condução em sistema latada, por ser uma planta vigorosa e de constante produtividade, porém apresenta baixa resistência às pragas e doenças de origem fúngica. Segundo Souza (2002), apresenta

folhas médias a grandes, pentalobadas, orbiculares, com seio peciolar em lira estreita, às vezes fechada e página abaxial com indumento aranhoso. Cachos grandes a muito grandes, cilindro-cônicos, por vezes alados, compactos e, por isso, exigem intenso desbaste de bagas. Bagas grandes, ovaladas (elipsóides), de coloração branco-dourada, textura trincante e tênue sabor moscatado. Apresentam grande resistência ao transporte e ao armazenamento (Souza, 2002).

2.4 CARACTERIZAÇÃO E DESCRIÇÃO DO SOLO PARA CALIBRAÇÃO DO MINITANQUE

Antes da instalação do experimento de calibração no vinhedo foram abertas duas trincheiras (Figura 2) e coletadas amostras de solo no terço médio da declividade da área, com auxílio de anéis volumétricos. No momento destas amostragens, no mês de abril, toda a área se apresentava sob cobertura plástica, mesmo durante o período hibernal, e com a cobertura verde de azevém (*Lolium multiflorum*), na proporção de 2 Mg MS ha⁻¹. Com base na análise dos horizontes e das amostras, a determinação das frações granulométricas seguiu as classes sugeridas por Santos et al. (2005). Na fração fina, determinou-se a composição granulométrica, após dispersão das amostras com NaOH 1 mol L⁻¹ e agitação mecânica em agitador horizontal por 240 minutos. Após a agitação, as amostras foram passadas em peneira de 0,053 mm. A fração que permaneceu na peneira foi transferida para outro recipiente, secada e quantificada, correspondendo à fração areia. O conteúdo que passou pela peneira foi transferido para proveta de 1000 mL e a fração argila foi determinada pelo método da pipeta (EMBRAPA, 1999). O silte foi obtido por diferença entre os teores de areia total e argila. O solo foi classificado como um argissolo bruno acinzentado alítico abrupto, com horizonte A moderado de textura média/argilosa com 0,82 % silte % argila⁻¹ (Tabela 1). É um solo de relevo suave ondulado com formação geológica saprólito de basalto e ausência de pedregosidade, rochosidade, erosão e drenagem moderada (EMBRAPA, 1999) (SILVA, 2011).



Figura 2: Amostragem com anéis volumétricos para classificação do solo e seus horizontes BA (A), Bt (B) e Ap (C) segundo características morfológicas e ajuste da curva característica de água no solo da área experimental.

Fonte: Leonardo Cury, 2009.

TABELA 1. Caracterização analítica do solo da área experimental. Bento Gonçalves, RS. 2009.

Horizonte	Composição granulométrica da terra fina (g kg ⁻¹)				Argila dispersa em água (g kg ⁻¹)	% Silte % argila ⁻¹
	Símbolo	Areia grossa (2-0,2 mm)	Areia fina (0,20-0,05 mm)	Silte (0,05-0,002 mm)		
Ap	270	140	230	360	230	0,64
BA	260	140	270	360	310	0,82
Bt	270	140	270	370	310	0,84

2.4.1 Descrição morfológica dos horizontes

Os horizontes foram caracterizados segundo sua morfologia e subdivididos de acordo com a profundidade (Figura 3). Da superfície até 10 cm de profundidade, o horizonte foi classificado como *A podzólico bruno avermelhado escuro, franco argiloso*, ligeiramente duro, firme, de transição plana e clara. Entre 10 e 40 cm, foi classificado como BA bruno avermelhado, argiloso, duro, firme, de transição plana e clara. Entre 40 e 75 cm, encontrou-se um B textural (Bt) vermelho amarelado, argiloso, extremamente duro, firme, de transição plana e clara. Na profundidade de 75 a 150

cm, encontrou-se o horizonte BC de basalto intemperizado, argilo arenoso. Para as condições experimentais, foram considerados apenas os horizontes A+BA e Bt, nos quais foi encontrado mais de 90% do sistema radical das videiras, na camada entre 10 e 75 cm (SILVA, 2011).

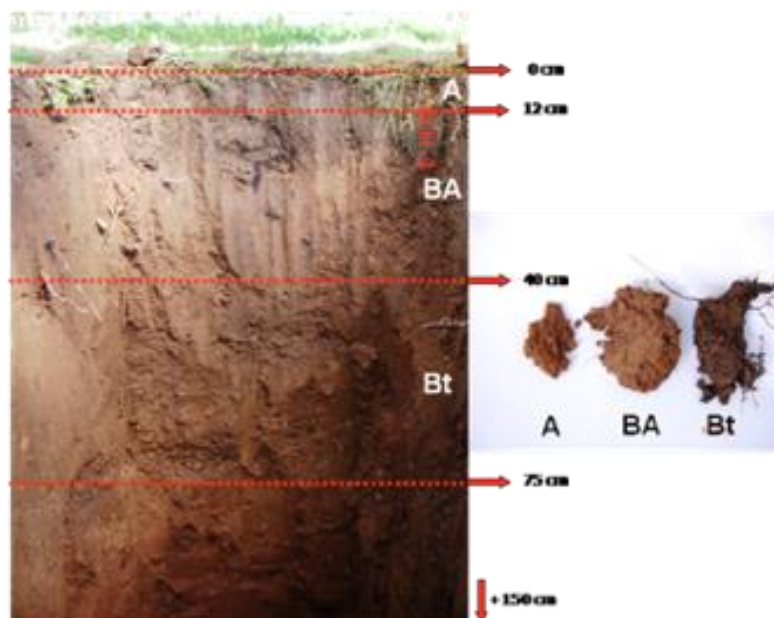


Figura 3: Trincheira aberta para a classificação física e morfológica indicando os diferentes perfis de solo e suas profundidades. Detalhe da diferença visual (cor) entre as diferentes profundidades avaliadas.

Fonte: Leonardo Cury, 2009.

2.4.2 Curva de retenção da água do solo

Nas duas trincheiras escavadas na área experimental foram coletadas três amostras indeformadas de solo, provenientes dos diferentes horizontes, com cilindros de 5 cm de diâmetro e 2,5 cm de altura. As amostras foram conduzidas ao Laboratório de Solos da Embrapa Clima Temperado, saturadas com água destilada e submetidas às tensões de 0 kPa a -1500 kPa, tendo como base a água retida na capacidade de campo, a uma tensão de -33 kPa e no ponto de murcha permanente a -1500 kPa em câmara de Richards (Klute, 1986). O potencial matricial do solo de -33 kPa aparece com frequência na literatura e refere-se a solos típicos de regiões de climas temperados e com argilas de maior atividade, presentes na área experimental. Segundo Ruiz *et al.* (2003), em solos com alta concentração de argilas a capacidade de campo ocorrerá em potenciais mais negativos que -33 kPa, visto que existe uma relação direta entre o potencial matricial e o conteúdo de água do solo (SILVA, 2011).

Os dados de tensão e sua respectiva umidade volumétrica do solo foram submetidos à análise de regressão não linear, utilizando o programa R (R, 2020), cujas curvas características de água para cada horizonte e suas respectivas equações exponenciais podem ser visualizadas na Figura 4.

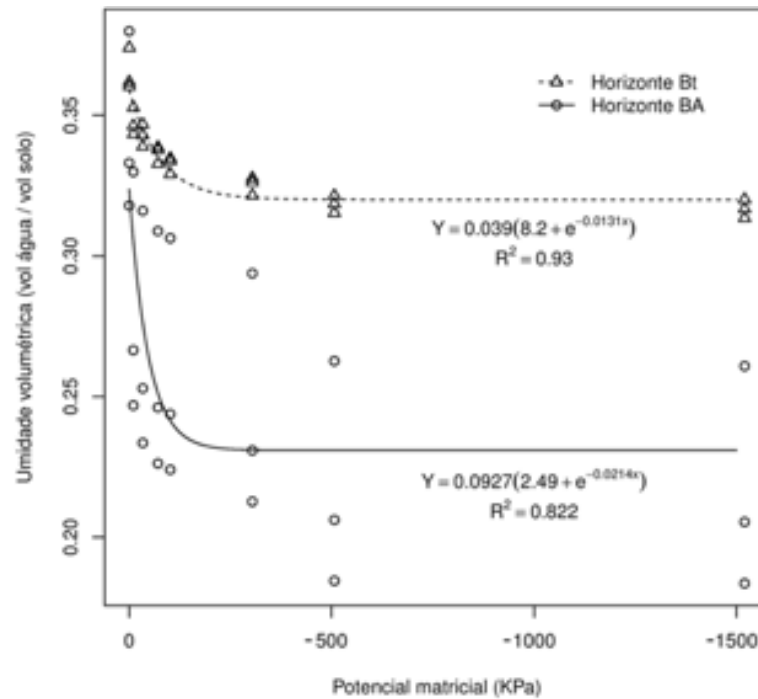


Figura 4: Curva ajustada da correlação entre o potencial matricial do solo (kPa) e a umidade volumétrica do solo ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$) dos horizontes BA e Bt no solo do vinhedo experimental.

Fonte: Leonardo Cury, 2009.

De acordo com as curvas ajustadas de retenção de água, as tensões equivalentes à capacidade de campo (-33 kPa) e ao ponto de murcha permanente (-1500 kPa) corresponderam às umidades volumétricas de 0,277 e 0,234 $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$, respectivamente para o perfil BA, e 0,345 e 0,318 $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$, respectivamente para o perfil Bt (Figura 4).

Obtendo-se os valores de capacidade de campo (θ_{cc}) e ponto de murcha permanente (θ_{pmp}), assim como a profundidade (Z) dos horizontes avaliados no experimento, pôde-se calcular a capacidade de água disponível (CAD, mm) (SILVA, 2011):

$$CAD = (\theta_{cc} - \theta_{pmp}) \cdot Z \quad (1)$$

2.5 CARACTERIZAÇÃO MESOCLIMÁTICA E MICROCLIMÁTICA DO VINHEDO SOB COBERTURA

O monitoramento micrometeorológico foi avaliado na área com cobertura plástica, na altura do dossel vegetativo. Nesta análise foi medida a temperatura (T) e umidade relativa do ar (UR), com psicrômetros de pares termoelétricos cobre-constantan; velocidade do vento (U_2), com anemômetro de pulso elétrico; e radiação fotossinteticamente ativa (RFA , 400-700 nm), com barras de 1,20 m equipadas com cinco células fotovoltaicas ligadas em série. Todos os sensores da área experimental foram conectados a sistemas automáticos de aquisição dos dados *data logger* CR10, Campbell®, programados para efetuar leituras a cada 30 segundos e as médias armazenadas a cada 30 minutos (SILVA, 2011).

Em um local próximo da área experimental (200 metros ao sul), fora da área coberta do vinhedo, instalou-se uma estação meteorológica automática Campbell®, para avaliar as condições meteorológicas em nível de mesoescala, onde foram obtidos dados de T , UR e pluviometria (SILVA, 2011).

A partir dos dados de temperatura do ar, calculou-se umidade relativa (UR), umidade absoluta (UA) e déficit de saturação do ar (DS), de acordo com as seguintes equações (Ometto, 1981):

$$UR = \left(\frac{e}{es}\right) \cdot 100 \quad (3)$$

$$UA = 289 \cdot \left(\frac{e}{273 + t_s}\right) \quad (4)$$

$$DS = es - e \quad (5)$$

$$es = 4,58.10 \exp\left(\frac{7,5t_s}{237,5 + t_s}\right) \quad (6)$$

$$e = es_u - 0,6 \cdot t_s - t_u \quad (7)$$

$$es_u = 4,58.10 \exp\left(\frac{7,5t_u}{237,5 + t_u}\right) \quad (8)$$

sendo UR (%) a umidade relativa do ar, e (mm Hg) a pressão real de vapor d'água, es (mm Hg) a pressão de saturação de vapor d'água, UA (g m^{-3}) a umidade absoluta do ar, DS (mm Hg) o déficit de saturação do ar ou déficit de pressão de vapor (DPV), t_s ($^{\circ}\text{C}$) temperatura do ar medida pelo sensor seco do psicrômetro e t_u ($^{\circ}\text{C}$) temperatura do ar medida pelo sensor úmido do psicrômetro (SILVA, 2011).

2.6 CÁLCULOS DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO E COEFICIENTES DE CULTURA

A evapotranspiração de referência (ET_o) diária foi calculada com dados da estação meteorológica da Embrapa Uva e Vinho (latitude $29^{\circ}09'S$, longitude $51^{\circ}31'W$ e altitude de 630m). Foi utilizado o método de Penman-Montheith parametrizado pela FAO (Allen *et al*, 1998), de acordo com as seguintes funções:

$$ET_o = \frac{0,408 \cdot \Delta \cdot (Rn - G) + \left[\frac{\gamma \cdot U_2 \cdot (e_s - e_a)}{T + 273} \right]}{\Delta + \gamma \cdot (1 + 0,34 \cdot U_2)} \quad (9)$$

$$\Delta = \frac{4098 \left[0,6108 \cdot \exp \left(\frac{17,27 \cdot T}{T + 237,3} \right) \right]}{(T + 237,3)^2} \quad (10)$$

$$\gamma = 0,665 \cdot 10^{-3} \cdot P_{atm} \quad (11)$$

$$P_{atm} = 101,3 \cdot \left(\frac{293 - 0,0065 \cdot z}{293} \right)^{5,26} \quad (12)$$

$$e_s = 0,6108 \cdot \exp \left[\frac{17,27 \cdot T}{T + 237,3} \right] \quad (13)$$

$$e_a = \frac{e_s \cdot UR}{100} \quad (14)$$

sendo Δ a declividade da curva de pressão de vapor em função da temperatura do ar ($\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$), Rn o saldo de radiação ($\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$), G o fluxo total diário de calor no solo ($\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$), γ o coeficiente psicrométrico ($\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$), U_2 a velocidade do vento a 2m acima do solo (m s^{-1}), e_s a pressão de saturação de vapor d'água (kPa), e_a a pressão real de vapor (kPa), T a temperatura média do ar na altura do dossel de cada tratamento ($^\circ\text{C}$), P_{atm} a pressão atmosférica local (kPa) e z a altitude local (m) (SILVA, 2011).

Para a estimativa do saldo de radiação (Rn) foram utilizadas equações ajustadas à relação entre dados de Rn medidos no vinhedo sob a cobertura plástica, e de radiação solar global (Rg , $\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$) obtidos na estação meteorológica automática da Embrapa Uva e Vinho. Para Rn em céu aberto ajustou-se a Equação 15 e Rn sob cobertura plástica obteve-se a Equação 16 (SILVA, 2011):

$$Rn = -3,966 + 0,978Rg \quad (15)$$

$$Rn = -1,058 + 0,81Rg \quad (16)$$

O fluxo de calor no solo (G) foi desconsiderado na Equação de cálculo da evapotranspiração de referência por não ter sido monitorado no local do experimento e por considerar que, no decurso de 24h a resultante dos fluxos de entrada e saída no perfil do solo se aproxima de zero. Assim sendo, a ausência dessa variável não deverá alterar significativamente a estimativa de ET_o , até porque o fluxo de calor no solo representa uma pequena fração do balanço de energia de um dia (24 horas) (SILVA, 2011).

2.6.1 Evapotranspiração da cultura (ET_c)

A evapotranspiração da cultura (ET_c) foi calculada segundo o balanço hídrico, o qual segue o princípio da conservação de massa. A equação geral é dada por:

$$P + I - ET - R \pm D \pm \Delta A = 0 \quad (17)$$

Sendo P a precipitação, I a irrigação, ET a evapotranspiração, R o escoamento superficial, D a drenagem profunda ou ascensão capilar e ΔA a variação no armazenamento de água no solo (Bergamaschi *et al.*, 1999).

Desta forma o cálculo da água consumida pela planta (ET_c), em um intervalo entre os dias consecutivos “ i ” e “ j ”, $ET_{c_{ij}}$ (mm) pôde ser calculado segundo a fórmula:

$$ET_{c_{ij}} = (\theta_v^{(i)} - \theta_v^{(j)}) \cdot Z - P_{ij} - I_{ij} - D_{ij} - E_{ij} \quad (18)$$

Sendo $\theta_v^{(i)}$ e $\theta_v^{(j)}$ a umidade média do perfil (% v/v) nos dias “ i ” e “ j ” respectivamente; Z a altura do horizonte para a conversão de (% v/v) para (mm) de água na profundidade do perfil, enquanto P_{ij} , I_{ij} , D_{ij} e E_{ij} representam precipitação efetiva, irrigação aplicada, drenagem profunda e escoamento superficial respectivamente neste intervalo avaliado (mm) (SILVA, 2011).

No experimento de Silva (2011) foi utilizado o cultivo protegido com cobertura nas entrelinhas, eliminando o fator P_{ij} do sistema. Em alguns solos, o movimento ascendente do lençol freático é frequente e em condições de alta evaporação, quando a cultura não ocupou toda a área disponível de solo, resultam em valores de evapotranspiração menores que o real (Aboukhaled *et al.*, 1986). Entretanto, o solo utilizado no experimento apresenta uma camada de impedimento no horizonte C, a

qual dificulta a drenagem profunda e a ascensão capilar, e por este motivo pôde-se eliminar estes dois elementos do sistema (SILVA, 2011).

Na área experimental foi construído um lisímetro de compensação para cada tratamento de restrição hídrica. Para isso, foram instaladas chapas galvanizadas a uma profundidade de 50 cm, “isolando”, para que uma planta ocupe a área de 5,4 m² (Figura 6), com o objetivo de evitar o escoamento superficial e subsuperficial proveniente da irrigação próxima à planta (SILVA, 2011).

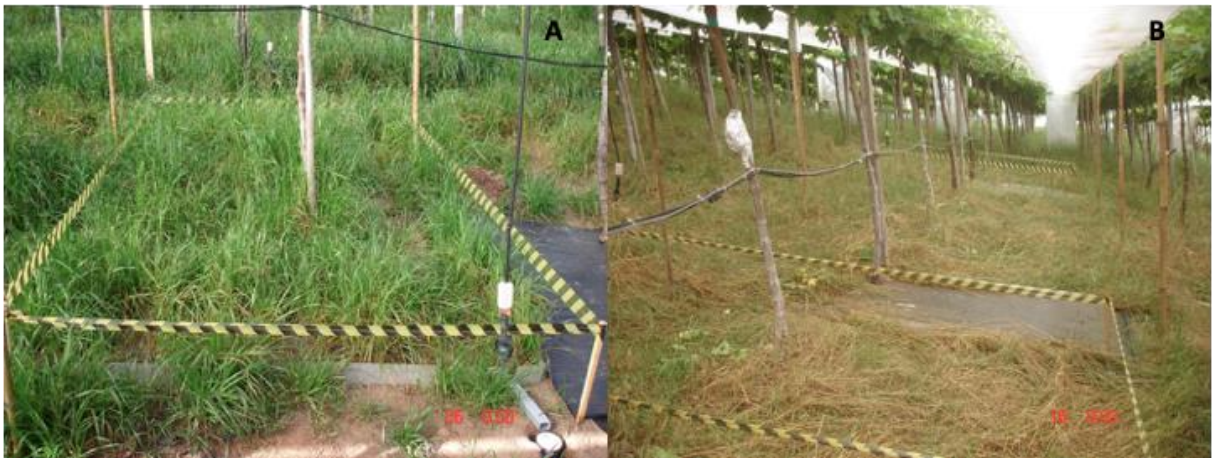


Figura 5: Lisímetros instalados na área experimental. Planta “isolada” com chapa galvanizada conformando o lisímetro de compensação (A). Vista do experimento evidenciando dois lisímetros em tratamentos distintos de restrição hídrica (B).

Fonte: Leonardo Cury, 2009.

Desta forma, as placas alcançaram a camada de impedimento, o horizonte Bt, eliminando as variações na umidade volumétrica resultante da drenagem profunda e ascensão capilar. Em função disto, a equação e cálculo da água consumida pela planta foi reduzida e, desta forma, a ETc_{ij} (mm) pôde ser calculado segundo a fórmula (SILVA, 2011):

$$ETc_{ij} = (\theta_v^{(i)} - \theta_v^{(j)}) \cdot Z - I_{ij} \quad (19)$$

2.6.2 Coeficiente de cultura Kc

O conceito de evapotranspiração de referência (ET_0) pressupõe a transferência do vapor d'água de uma área gramada para a atmosfera da estação meteorológica. A grama deve estar em crescimento ativo, mantida a uma altura uniforme de 0,08 a 0,12 m, sombreando completamente o solo e sem deficiência de água. A

evapotranspiração de uma cultura (ET_c) acontece quando as plantas se encontram em áreas extensas, sem a incidência de pragas, doenças e deficiência nutricional, com disponibilidade de água que não seja limitante ao desenvolvimento, e de modo que o potencial de produção seja atingido, para a condição climática em que se encontram (Bergamaschi *et al.*, 1999). A razão entre a ET_c e ET_o origina o coeficiente de cultura (K_c), o qual depende do estágio de desenvolvimento das plantas, do sistema de irrigação, da configuração de plantio e das condições meteorológicas atuantes no sistema (Allen *et al.*, 1998 *apud.* Silva, 2011).

A ET_c é estimada multiplicando-se a evapotranspiração de referência (ET_o) da região ou do ambiente pelo coeficiente de cultura, denominado K_c segundo a equação geral (SILVA, 2011):

$$ET_c = ET_o \cdot K_c \quad (20)$$

Com base nos dados de ET_o calculadas nos intervalos de tempo, segundo a equação de Penman-Montheith (Allen *et al.*, 1998), e a ET_c ou evapotranspiração máxima (ET_m) calculada experimentalmente com base no balanço hídrico da videira sem restrição hídrica, no tratamento controle, foram calculados os valores individuais de K_c para cada observação e estimando o K_c global pela média dos K_c individuais, isolando-se esta variável na equação geral:

$$K_c = \left(\frac{ET_c}{ET_o} \right) \quad (21)$$

O coeficiente de cultura também foi ajustado através de uma regressão linear sem intercepto usando todos os dados medidos simultaneamente, na qual o valor de K_c é estimado pelo parâmetro a , como mostra a equação (SILVA, 2011):

$$Y = a \cdot x \quad (22)$$

Uma terceira forma de ajustar o K_c foi utilizada considerando que este coeficiente varia ao longo do tempo, sendo menor no início do ciclo e aumentando durante a evolução da área foliar da videira até atingir um valor máximo. Foi utilizada a função de crescimento de Gompertz (1925) para estimar o valor de K_c ao longo do tempo (SILVA, 2011):

$$K_c = M \cdot e^{-e^{(-a \cdot (x-p))}} \quad (23)$$

onde M é a estimativa do valor máximo de Kc , P é o ponto de inflexão da curva, em dias, e a é um parâmetro relacionado com a velocidade de aumento do Kc em torno do ponto de inflexão (SILVA, 2011).

Esses parâmetros foram utilizados para estimar o valor de Kc ao longo do tempo e, a partir deste, os valores de ETc a partir de ETo . A estimativa de ETc foi, então, comparada com os valores observados de ETc por regressão linear sem intercepto, de modo a testar a validade do modelo (SILVA, 2011):

$$Kc_{(observado)} = a \cdot Kc_{(estimado)} \quad (24)$$

2.6.3 Cálculo da ETc e Kp pelo método do mini-tanque evaporimétrico

Com o mini-tanque evaporimétrico “SM”, assim como o tanque classe “A”, é possível calcular tanto a evaporação da lâmina de água como estimar a evapotranspiração de referência (Costa, 2004).

Os mini-tanques são constituídos de uma cuba confeccionados com um “tampão” ou CAP de 200 mm. Estes foram perfurados no centro fixando-se um pedaço de cano de 1/2” com um adaptador de anel a fim de mantê-los nivelados enquanto ocorre o reabastecimento com água (Costa, 2004). As medidas do nível de água dos mini-tanques são realizadas através de um piezômetro, feito com mangueira de polietileno transparente ligada ao fundo do mini-tanque e graduada com auxílio de uma régua em escala de milímetros. O tanque “SM” deve ser fixado a uma base de 0,4 m², no exemplo em MDF (medium-density fiberboard), com um furo ao centro para facilitar um possível escorrimento na zeragem e instalados a 2 metros de altura, na altura do dossel vegetativo (FIGURA 7).



Figura 6: Mini-tanque evaporimétrico “SM” (Costa, 2004), com piezômetro em detalhe instalado no estágio fenológico 00, gemas latentes segundo Lorenz et al, 1995, sob cultivo protegido (A). Mini-tanque “SM” instalado ao nível do dossel vegetativo no estágio fenológico 19 (B).

Fonte: Do autor, 2017.

A evaporação no tanque “SM” em cultivo protegido foi calculada a partir da subtração dos níveis dos mini-tanques, instalados ao nível do dossel vegetativo, no mesmo intervalo de três dias consecutivos para o cálculo da ET_c com o auxílio da seguinte equação:

$$E_{SM} = L_{i-1} - L_i \quad (20)$$

onde L_i é a leitura no dia considerado, L_{i-1} é a leitura realizada no dia anterior (Costa, 2004).

A ET_c , calculada pelo mini-tanque “SM” é determinada de modo análogo ao tanque classe A, multiplicando-se a lâmina evaporada pelo coeficiente de tanque mini-tanque evaporimétrico:

$$ET_{OSM} = E_{SM} \cdot Kp_{SM} \quad (21)$$

O coeficiente para o mini-tanque evaporimétrico “SM” (Kp_{SM}), é calculado através da relação entre a evapotranspiração da cultura (ET_c) e a lâmina evaporada no mini-tanque (E_{SM}), como mostra a equação:

$$Kp_{SM} = \frac{ET_c}{E_{SM}} \quad (22)$$

onde E_{SM} é a evaporação média no mini-tanque “SM” em mm e Kp_{SM} é o coeficiente do mini-tanque evaporimétrico, calculado a partir da evapotranspiração da cultura (ET_c) calculada pelo método do balanço hídrico (SILVA, 2011).

2.6.4 Tabela de correção de lâminas de irrigação

Para validar o método de irrigação suplementar nos vinhedos da variedade Itália, sob cultivo protegido, foram tabulados os dados de Kp_{SM} para cada um dos estádios de desenvolvimento fenológico da videira (Tabela 2). Estas constantes foram

utilizadas para realizar a correção dos dados de evaporação da lâmina dos mini-tanques "SM" E_{SM} , correspondentes à 80% e 100% da ET_c .

Segundo Silva, et al. (2011), o déficit hídrico moderado, equivalente à reposição semanal via irrigação de 80% da ET_c , é a condição mais adequada considerando os benefícios em maturação, restrição de crescimento vegetativo, manutenção da função foliar e economia de água.

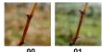

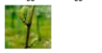






A suplementação de lâminas de irrigação baseada na metodologia de cálculo da ET_c por mini-tanques evaporimétricos passa a ser uma ferramenta de manejo de fácil utilização por parte do viticultor. O produtor deixa de utilizar métodos empíricos e passa a repor a quantidade de água necessária para que a planta aumente a eficiência do uso da água ao utilizar déficits hídricos moderados, sem comprometer o aspecto visual das uvas (tamanho de bagas), a maturação e agregar benefícios econômicos e ambientais, com economia de água para produção de uvas finas de mesa.









Para a realização da validação do método, o vinhedo foi dividido em dois tratamentos segundo a frequência de irrigação. O tratamento controle (TC), foi definido mantendo a frequência de irrigação utilizada pelo produtor que aplicava a lâmina de reposição duas vezes por semana, quando não havia precipitação pluviométrica, o que mantinha uma umidade próxima à capacidade de campo mantendo 100% de CAD. As doses de rega e frequência de irrigação, de modo a validar o método de controle de irrigação, foram definidas de acordo com a evaporação da lâmina de água nos quatro mini-tanques instalados no vinhedo sob cobertura plástica. O tratamento contrastante (T1), segundo Silva, et al. (2011), foi definido com uma reposição de lâminas de irrigação complementares correspondentes a 80% da evapotranspiração da cultura. Essas lâminas eram repostas, caso não houvesse precipitação pluviométrica, com uma frequência semanal verificando a lâmina média evaporada nos mini-tanques evaporadores e corrigidas com as constantes Kp_{SM} , referentes a 80% da ET_c , de acordo com cada uma das fases de desenvolvimento fenológico da videira (Tabela 2).

Foram utilizadas cinco filas do vinhedo e os tratamentos distribuídos aleatoriamente em cada uma das filas, compondo um delineamento em blocos

casualizados com cinco blocos. A parcela experimental de cada tratamento de complementação de água via irrigação, nos respectivos blocos, foi composta por quatro plantas, sendo a planta de cada extremidade considerada como bordadura.

TABELA 2. Valores médios de coeficientes de cultura (K_c) segundo Silva (2011) e coeficientes de correção das lâminas de irrigação K_{pSM} em 80% e 100% da ETC baseados nos estádios de desenvolvimento fenológico segundo o método do mini-tanque evaporimétrico (SILVA, 2011).

Estádio Fenológico*	Coefficiente de Cultura (Kc)	Coefficiente de Correção (Kp) - 100% ETC	Coefficiente de Correção (Kp) - 80% ETC
	0,03	0,02	0,016
	0,04	0,03	0,024
	0,12	0,20	0,16
	0,25	0,47	0,38
	0,35	0,89	0,72
	0,40	1,08	1,05
	0,45	1,18	1,14
	0,49	1,24	1,19
	0,52	1,27	1,22

Estádio Fenológico*	Coefficiente de Cultura (Kc)	Coefficiente de Correção (Kp) - 100% ETC	Coefficiente de Correção (Kp) - 80% ETC
	0,53	1,28	1,23
	0,56	1,29	1,24
	0,60	1,30	1,25
	0,62	1,31	1,28
	0,63	1,31	1,28
	0,64	1,31	1,28
	0,64	1,31	1,28
	0,65	1,31	1,28

*Os estádios fenológicos da videira seguem a escala proposta por Lorenz *et al.* (1995), codificação BBCH: 00 (gemas latentes); 03 (gemas inchadas); 05 (ponta lanosa); 09 (abertura gema); 11 (primeira folha desprendida); 14 (quarta folha); 15 (quinta folha); 17 (sétima folha); 18 (oitava folha); 19 (nona folha); 53 (inflorescências visíveis); 57 (separação das flores); 60 (desprendimento da calíptra); 62 (20% de flores abertas); 65 (plena floração - 50% de flores abertas); 69 (fim da floração); 71 (pegamento dos frutos); 73 (bagas com 3 mm de diâmetro); 75 (bags com 8 mm de diâmetro); 79 (todas as bagas se tocam); 81 (início da maturação); 83 (bagas brilhantes); 85 (amolecimento das bagas); 89 (bagas prontas para a colheita); 91 (fim da maturação dos sarmentos).

2.7 MATURAÇÃO DAS BAGAS

Nos ciclos 2017/18 e 2018/19 foi acompanhada a maturação tecnológica das bagas na colheita, estágio fenológicos 89 segundo Lorenz *et al.* (1995). Foram coletadas 20 bagas, aleatoriamente dos cachos provenientes das duas plantas centrais de cada parcela, nos cinco blocos. Inicialmente, as bagas foram submetidas às avaliações físicas como: massa fresca, utilizando uma balança digital, com precisão de 0,01 g, marca Deltarange Mettler, modelo PC 4400; comprimento longitudinal (L) e transversal (d) de cada baga, utilizando paquímetro digital, marca

Digimess, modelo 100.174 BL. A partir destas dimensões, estimou-se o volume da baga através do cálculo de uma elipsóide (cm³):

$$V = \frac{\left(\frac{4}{3}\right) \cdot \pi \cdot d^2 \cdot L}{8000} \quad (23)$$

Na sequência, as amostras foram esmagadas manualmente, dentro do próprio saco plástico, para a extração do mosto e centrifugados com auxílio de uma centrífuga (marca Incibrás; modelo Spin IV) a 3000 rpm, referente a uma força centrífuga relativa de 2000 g, à temperatura de 20°C, por 5 minutos para análises posteriores de sólidos totais (ST) e acidez total (AT).

Para a realização da análise da maturação tecnológica das bagas sob cultivo protegido e distintos níveis de disponibilidade hídrica foi determinado o teor de sólidos solúveis, expresso em °Brix, através de refratômetro digital portátil digital, marca Atago, modelo PR-101. A acidez total titulável, expressa em meq L⁻¹, foi medida por titulação do mosto com NaOH 0,1N, utilizando uma bureta digital, marca Brand, modelo Tritette®, tendo como indicador 2,5 ml da solução padronizada de azul de bromotimol por amostra.

2.8 COMPONENTES DO RENDIMENTO

Na colheita dos ciclos 2017/18, ocorrida em 27/02/18, e 2018/19, em 08/03/19, foram selecionados aleatoriamente, 10 cachos de cada bloco, separados em caixas previamente identificadas. Na sequência essas caixas foram transportadas para o Laboratório de Enologia do Instituto Federal do Rio Grande do Sul, onde foram avaliadas as seguintes variáveis de componentes do rendimento: Produção por planta, produção por hectare, número de cachos por planta, massa do cacho e número e massa de bagas por cacho, sendo estas separadas em bagas rachadas e/ou podres e bagas intactas. Para estas avaliações foi utilizada uma balança digital com precisão de 0,01 g, marca Deltarange Mettler, modelo PC 4400 e um paquímetro digital, marca Digimess, modelo 100.174 BL.

2.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para a análise estatística de todas as variáveis foi utilizado o programa R (2020). Os dados foram submetidos às análises de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

3. RESULTADO E DISCUSSÃO

Ao aplicar uma metodologia de irrigação complementar, baseada na reposição da água evapotranspirada pela cultura da videira sob cultivo protegido, deve-se avaliar sempre a quantidade de água inserida ao sistema via precipitação pluviométrica. Em ambos os ciclos (2017/18 e 2018/19) houve uma boa distribuição pluviométrica durante o ciclo, alcançando uma reposição de 808mm e 1.167,5mm, respectivamente (Tabela 3). Apesar deste excedente hídrico total, superior às necessidades hídricas da videira sob cultivo protegido, percebe-se que houve períodos concentrados de excesso hídrico no solo que foram armazenados ou utilizados pela planta em sua totalidade, devido a percolação subsuperficial profunda que abastece e mantém o lençol freático. Por este motivo, nos períodos em que a lâmina precipitada manteve-se abaixo das necessidades de reposição da lâmina de água evapotranspirada pela planta, ou quando não houve precipitação pluviométrica fez-se necessário a reposição via irrigação. Para manter a reposição de 100% da ETc, ao utilizar os coeficientes de correção referentes à lâmina evaporada nos mini-tanques evaporadores, foram realizados 10 e nove períodos de irrigação, respectivamente nos ciclos 2017/18 e 2018/19, somando uma lâmina total de 172,3mm e 99mm (Tabela 3). Entretanto, ao manter a reposição de apenas 80% da ETc durante todo o ciclo vegetativo:produtivo observou-se uma reposição com oito e sete períodos de irrigação somando 139,9mm e 82,5mm, respectivamente nos ciclos 2017/18 e 2018/19 (Tabela 3). Esses resultados são compatíveis e são consequência da maior precipitação pluviométrica durante o ciclo 2018/19, que puderam repor as lâminas evapotranspiradas pelas plantas sem a necessidade de complementação via irrigação.

TABELA 3: Valores médios de lâmina evaporada nos mini-tanques evaporimétricos (mm), precipitação pluviométrica (mm), lâmina de irrigação correspondente à 80% da ETc (mm), lâmina de irrigação correspondente à 100% da ETc (mm), volume de irrigação correspondente à 80% da ETc (L ha⁻¹) e volume de irrigação correspondente à 100% da ETc (L ha⁻¹) baseados nos estádios de desenvolvimento fenológico segundo o método do mini-tanque evaporimétrico (SILVA, 2011) no cultivo da variedade Itália sob cultivo protegido.

EF	Lâmina evaporada mini-tanque (mm)		Precipitação pluviométrica (mm)		Lâmina de irrigação 80% ETc (mm)		Lâmina de irrigação 100% ETc (mm)		Volume irrigação (L ha-1) 80% ETc		Volume irrigação (L ha -1) 100% ETc	
	2017/18	2018/19	2017/18	2018/19	2017/18	2018/19	2017/18	2018/19	2017/18	2018/19	2017/18	2018/19
15	7,3	17,3	140	193								
17		15,3		87								
19		14,8		30								
55	21,0	11,0	10	8	11,6	3,2		3,9	66000	21600		24000
57	11,8	12,5	55	47								
57	17,3		25									
60	9,3		115					3,9				24000
62		11,5		71								
65	15,3	12,5	42	27								
71	12,8	15,3	17	14		1,6	5,2	5,2		9600	32000	32000
73	15,5		13		3		5,2		18000		32000	
75	14,8	13,3	65	160								
75	15,8	11,3	55	38								
75	13,3		47									
79	17,3	11,5			21,6	14,9	23,5	18,3	129000	90000	144000	112000
79	19,8	17,0		12,5	24,7	5,9	26,1	10,4	150000	36000	160000	64000
79		11,3		153								
79	20,5	15,8	5	90	19		20,9		114000		128000	
81	12,3	23,0	100	23				10,4				64000
81	21,0	11,0	26	37								
83	20,8	10,3		76	26		28,7		156000		176000	
83		13,3		20								
85	17,0	17,3	25			22,6		10,4		135000		160000
85	14,3	15,8	20	26			7,83				48000	
85	12,8	12,0	17	45			7,83				48000	
85		23,5				30,8		31,3		184600		192000
89	18,0	12,8		10	22,7	3,6	28,7	5,2	135000	21000	176000	32000
89	17,0	15,3	8		11,3		18,3		66000		112000	
89	20,5		23									
Tota	364,8	344,1	808,0	1.167,5	139,9	82,5	172,3	99,0	834000	497800	1056000	704000

Ao manter uma reposição total da lâmina evapotranspirada das plantas no tratamento controle, percebe-se um consumo 21,02% e 28,13% superior às plantas mantidas com reposições de 80% da ETc nos ciclos 2017/18 e 2018/19 respectivamente. Estes aumentos percentuais representam aumentos nos volumes de água, aplicados via irrigação complementar com o objetivo de manter as plantas com umidades de solo próxima à capacidade de campo, de 222.000 litros e 206.200 litros, respectivamente nos ciclos 2017/18 e 2018/19 (Tabela 3).

Baseando-se nos dados de Silva (2011), percebe-se que as plantas mantidas com reposição de 100% e 80% da ETc passam pelos estádios fenológicos de floração e formação dos frutos sob alta disponibilidade hídrica. Segundo Gil & Pszczólkowski (2007) convém aplicar déficits hídricos controlados em videiras destinadas à produção de uva de mesa em pré-floração quando o crescimento dos sarmentos é muito vigoroso. Altos déficits neste período reduzem o tamanho das bagas, em função da

diminuição no número de células por bagas. Segundo McCarthy (1997) e Ojeda *et al.* (2004), estresses hídricos aplicados às videiras durante a etapa I de crescimento, causam redução no volume das bagas, o qual não pode ser mais recuperado nos estádios fenológicos seguintes.

Os dados de reposição hídrica corroboram com os encontrados por Silva (2011), que verifica um aumento na frequência de irrigação no período reprodutivo da videira, compreendido entre bagas entre 5 e 6 mm de diâmetro EF73 e a colheita EF89 em ambos os ciclos. Segundo Silva (2011) o conteúdo de umidade do solo no horizonte BA continuou sendo alterado de modo mais intenso o que aumenta proporcionalmente a frequência de irrigação. Neste período aumenta a demanda evaporativa da atmosfera, principalmente pela elevação dos níveis de radiação fotossinteticamente ativa e da temperatura, somado ao aumento no índice de área foliar inerente ao avanço dos estádios fenológicos da videira (SILVA, 2011).

Assim como em outros cultivos, na produção de uvas de mesa não basta analisar apenas a qualidade baseada nas características organolépticas e de maturação tecnológica das bagas. É importante que a quantidade produzida seja coerente para que o cultivo seja economicamente viável e sustentável. Analisando ambos os ciclos pode-se observar que tanto as plantas suplementadas via irrigação de acordo com os coeficientes de correção das lâminas de irrigação Kp_{SM} 100% da ET_c , com uma disponibilidade hídrica próxima a capacidade de campo (TC), e Kp_{SM} 80% da ET_c (Tabela 2), baseados nos estádios de desenvolvimento fenológico segundo pelo método do mini-tanque evaporimétrico, não apresentaram diferenças significativas nos componentes do rendimento da variedade Itália sob cultivo protegido (Tabela 4).

TABELA 4: Características físicas das bagas em plantas cultivadas sob distintos níveis de irrigação complementar baseados nos coeficientes de correção das lâminas de irrigação Kp_{SM} em 80% e 100% da ET_c (Tradicional), baseados nos estádios de desenvolvimento fenológico segundo o método do mini-tanque evaporimétrico para o cultivo protegido da uva 'Itália' na colheita do ciclo 2017/18 e 2018/19. Bento Gonçalves, RS, 2020.

Tratamentos	Comprimento Ráquis (cm)		Massa Cacho (g)		Massa média de bagas (g)	
	17/18	18/19	17/18	18/19	17/18	18/19
Irrigação próxima (cc) (Tradicional)	19,03a	25,59a	498,8a	678,7a	5,85a	6,89a
Irrigação 80% da ETc (Mini-evaporador)	20,27a	23,63a	525,2a	648,1a	6,41a	6,66a

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). Bento Gonçalves, RS, 2020.

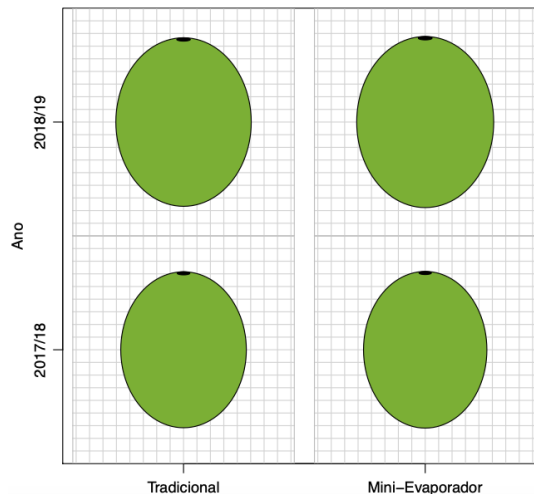


Figura 7: Representação esquemática da variação média de volume das bagas nos cachos de plantas cultivadas sob distintas reposições de lâminas de irrigação baseadas no aplicado pelo viticultor (Tradicional) e na reposição da lâmina evapotranspirada do mini-tanque evaporador com K_{psM} , tabelado referente a 80% da ETc no cultivo protegido da uva 'Itália' na colheita do ciclo 2017/18 e 2018/19.

Fonte: Leonardo Cury.

Este comportamento de manutenção dos componentes do rendimento da videira ao aplicar as lâminas de irrigação complementar em 100% e 80% da ETc valida e corrobora com o descrito por Silva (2011). A inalteração dos componentes de rendimento é resultante tanto da manutenção do número de bagas por cacho (Tabela 4), como da massa média das bagas (g), da massa média dos cachos e do comprimento do ráquis (Tabela 4), independentemente da estratégia de irrigação suplementar ao longo de todo ciclo vegetativo-produtivo. Este comportamento destaca que apesar de haver uma redução significativa na utilização da água sob cultivo protegido, ao repor 80% da ETc com correções pontuais nos distintos estádios

fenológicos da videira ao utilizar os mini-evaporadores e seus respectivos Kp_{SM} , não há indícios de ocorrência de déficits hídricos durante os ciclos avaliados. Os resultados corroboram com Ojeda *et al.* (2004), os quais enfatizam que restrições hídricas deficitárias em estádios fenológicos iniciais do ciclo podem comprometer a polinização e a fixação de bagas, comprometendo o potencial de produção do ciclo. Em ambos os anos avaliados as variáveis referentes aos componentes do rendimento como número de cachos por planta, número de bagas por cachos e massa de bagas não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos de irrigação aplicados.

Este comportamento é coerente e reitera que as plantas não foram expostas à déficits hídricos que pudessem alterar os componentes de rendimento, visto que os cachos são diferenciados nas gemas que se desenvolveram no ciclo anterior (Mullins *et al.*, 1992). Fica explícito que o déficit hídrico aplicado não estabeleceu condições contrastantes de disponibilidade hídrica e que esse comportamento demonstra não haver qualquer indício de que o tratamento possa ter induzido a condições de estresse hídrico às plantas que comprometesse sua produtividade.

As plantas suplementadas com lâminas de irrigação de maior volume, no tratamento controle, realizado pelo produtor, produziram cachos com 498,8g e 678,7g respectivamente nos ciclos 2017/18 e 2018/19. Ao comparar com o tratamento de reposição de lâminas de irrigação correspondentes à 80% da ETc não se observa diferença significativa nos ciclos avaliados alcançando 525,2g e 648,1g respectivamente (Tabela 4). A manutenção dos componentes de rendimento entre os tratamentos é resultante do número total de bagas por cacho, em ambos os ciclos, em 72,9 e 107 e 88,3 e 99,3 respectivamente nas plantas mantidos com uma lâmina de 100% e 80% da ETc corrigidas de acordo com Kp_{SM} (Tabela 5).

Tabela 5. Características visuais e passíveis de ataque por doenças de origem fúngica em bagas de plantas cultivadas sob distintos níveis de irrigação complementar baseados nos coeficientes de correção das lâminas de irrigação Kp_{SM} em 80% e 100% da ETc (Tradicional), baseados nos estádios de desenvolvimento fenológico segundo o método do mini-tanque evaporimétrico para o cultivo protegido da uva 'Itália' na colheita do ciclo 2017/18 e 2018/19. Bento Gonçalves, RS, 2020.

Tratamentos	Número bagas sãs cacho-1		Massa de bagas sãs cacho-1		Número de bagas rachadas cacho-1		Massa de bagas rachadas cacho-1		% de bagas rachadas cacho-1	
	17/18	18/19	17/18	18/19	17/18	18/19	17/18	18/19	17/18	18/19
Irrigação próxima (cc) (Tradicional)	64,8 _a	92,9 _a	420,9 _a	565,1 _a	8,6 _a	14,1 _a	85,7 _a	96,7 _a	13,3 _a	15,3 _a
Irrigação 80% da ETc (Mini-evaporador)	77,5 _a	86,1 _a	404,2 _a	548,5 _a	10,5 _a	13,2 _a	79,9 _a	95,8 _a	14,9 _a	18,5 _a

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05). Bento Gonçalves, RS, 2020.

Segundo Lang & Düring (1990), a rachadura de bagas é um grave problema estudado sob distintas perspectivas associadas à fatores ambientais, fisiológicos e genéticos, por ser comumente verificadas alterações na dinâmica de dano entre as variedades de uva. Há anos produtores tentaram minimizar os impactos da chuva durante a maturação da uva utilizando o cultivo protegido como uma forma de prevenção (Oliveira et al., 2017). Entretanto, esta estratégia pode maximizar os danos em anos de baixa precipitação pluviométrica e, por este motivo não há garantias de controle do problema, além de aumentar significativamente os custos de produção (Balbotin et al., 2013).

Uma das estratégias aplicadas aos vinhedos é manter a suplementação de água mantendo o solo na capacidade de campo e, dessa forma tentar manter uma alta quantidade de água nas bagas durante toda a etapa de maturação das bagas. Contudo, esta é uma prática que aumenta significativamente a quantidade de água aplicada ao vinhedo, o gasto energético empregado na irrigação e, segundo Silva (2011), o déficit hídrico moderado é a condição mais adequada considerando os benefícios em maturação, restrição de crescimento vegetativo, manutenção da função foliar e economia de água.

Ao avaliar a incidência de rachaduras de bagas percebe-se que sob estresses hídricos leves, promovidos ao repor 80% da lâmina de água evapotranspirada pela planta, não se observam diferenças significativas ao comparar com as plantas mantidas sob armazenamento de água no solo próximo à capacidade de campo. Esse comportamento corrobora com Silva (2011), que observou que a cobertura plástica promove alterações microclimáticas, as quais alteram as necessidades hídricas da videira, aumentam a eficiência no uso da água e reduz a necessidade de irrigações de alta frequência, assim como a necessidade de manutenção da umidade volumétrica do solo próximas à capacidade de campo (Silva, 2011).

Ainda assim observa-se uma alta incidência de bagas rachadas nos cachos das plantas mantidas tanto com irrigações de alta frequência, como nas mantidas com restrições hídricas leves. A massa de bagas rachadas, que são descartadas enquanto se realiza o toailete dos cachos e aumentam as perdas produtivas, alcançaram 85,7g e 96,7g respectivamente nos ciclos 2017/18 e 2018/19, nas plantas suplementadas com lâminas de irrigação referentes à 100% da ET_c , no tratamento controle realizado pelo produtor (Tabela 5). Essa variável não apresenta diferença significativa ao comparar com as plantas mantidas sob reposição hídrica via irrigação de 80% da ET_c , que alcançaram 79,9g e 95,8g, respectivamente nos ciclos 2017/18 e 2018/19 (Tabela 5). As perdas produtivas resultantes das rachaduras de bagas na uva Itália sob cobertura plástica mantiveram-se entre 13,3% e 15,3% nas plantas irrigadas com 100% da ET_c e entre 14,9% e 18,5% nas irrigadas com 80% da ET_c , não se observando diferenças significativas entre os tratamentos (Tabela 5).

Da mesma forma não foi observado diferença significativa na massa total das bagas por cacho, em ambos os ciclos, com 506,6g e 606,8g e 484,1 e 644,3g respectivamente nas plantas mantidos com uma lâmina de 100% e 80% da ET_c , corrigidas de acordo com K_{pSM} (Tabela 5). Estes resultados reiteram a inexistência de déficit hídrico imposta pelo tratamento mais restritivo de reposição de lâminas evapotranspiradas e estão de acordo com os apresentados por Ferreyra et al. (2006), cuja aplicação de déficit hídrico, com irrigação complementar de 50% da ET_c sob cultivo convencional de 'Crimson Seedless' durante todo o ciclo produtivo proporcionou diferenças significativas na produtividade. De acordo com esses autores, os maiores efeitos se manifestaram partir do segundo ciclo de cultivo, em

razão dos efeitos cumulativos dos diferentes anos de restrição de irrigação sobre o número de cachos por planta. Da mesma forma não foi observada uma redução significativa na produtividade durante a validação do método, ao repor 80% da lâmina evapotranspirada pela planta ao utilizar as correções de acordo com a lâmina evaporada do mini-tanque evaporador ao utilizar o Kp_{SM} (Tabela 5).

Na data de colheita, definida pela evolução dos sólidos totais no tratamento controle em ambos os ciclos, não foi observado diferenças significativas entre os tratamentos. O nível máximo de acúmulo de sólidos totais no tratamento controle alcançou 17,3 °Brix no ciclo 2017/18 e 15,7 °Brix em 2018/19, enquanto as plantas mantidas com reposição de lâminas de irrigação correspondentes a 80% de ETc acumulou 17,0 °Brix no ciclo 2017/18 e 15,6 °Brix em 2018/19 (Tabela 6).

TABELA 6: Parâmetros de maturação tecnológica na colheita das bagas em plantas cultivadas sob distintos níveis de irrigação complementar baseados nos coeficientes de correção das lâminas de irrigação Kp_{SM} em 80% e 100% da ETc (Tradicional), baseados nos estádios de desenvolvimento fenológico segundo o método do mini-tanque evaporimétrico para o cultivo protegido da uva 'Itália' na colheita do ciclo 2017/18 e 2018/19. Bento Gonçalves, RS, 2020.

Tratamentos	Sólidos Totais (ST) (°Brix)		Acidez Total (AT) (meqL-1)		Relação (ST:AT)	
	17/18	18/19	17/18	18/19	17/18	18/19
Irrigação próxima cc (Tradicional)	17,3a	15,7a	83,8a	49,6a	39,7a	23,8a
Irrigação 80% da ETc (Mini-evaporador)	17,0a	15,6a	82,2a	47,9a	36,4a	21,5a

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).
Bento Gonçalves, RS, 2020.

Estes dados corroboram com os encontrados por Marinho et al. (2009), que também não relatam diferenças significativas na concentração de SST ao alterar a época de aplicação da lâmina de irrigação referente à suplementação hídrica de 0%,

50% e 100% de ETc, entretanto, com irrigações complementares somente após a virada de cor na cultivar Sugaone sob cultivo convencional.

Segundo Coombe (1960) o potencial osmótico decorrente do acúmulo de SST pode superar -2,7 MPa que, em conjunto com a deformabilidade elástica e plástica das paredes celulares, proporciona o ingresso de água para o ajuste do potencial da água nos tecidos. Ao avaliar as duas estratégias de irrigação percebe-se que esta regulação não foi afetada o que pode explicar a manutenção da concentração de sólidos totais nas bagas.

O metabolismo dos ácidos orgânicos tem recebido grande atenção devido ao seu impacto sobre as características organolépticas da uva. Aproximadamente 95% da acidez total titulável da uva é expressa pelos ácidos orgânicos L (+) tartárico, L(+) málico, D(-) málico e cítrico. Segundo Ribereau-Gayon et al. (1998), a concentração total de ácidos é máxima na virada de cor (2%), reduzindo até a colheita e alcançando 0,5%. Esta redução ocorre, em parte, por transformação em açúcares (gliconeogênese) e, em parte, pela formação de sais.

Não foi observado efeito significativo dos tratamentos de reposição hídrica sobre a degradação dos ácidos das bagas em ambos ciclos avaliados (Tabela 6). De acordo com Zamboni *et al.* (1987) estresses hídricos elevados, especialmente se este ocorrer antes do amolecimento das bagas, reduz a AT resultante e a maior catabolização do ácido málico, visto que o ácido tartárico não é afetado, e esse pode inclusive ser metabolizado aumentando sua concentração. Na colheita dos cachos os valores de AT no tratamento mantido sem estresse hídrico manejado pelo produtor foram de 83,8 e 49,6 meq L⁻¹, enquanto no tratamento mantido com um estresse hídrico leve, repondo 80% da ETc foram de 82,2 e 47,9 meq L⁻¹, respectivamente nos ciclos 2017/18 e 2018/19 (Tabela 6). Reitera-se que, por não haver diferença significativa nos valores de acidez total, há mais um indício de que estresses hídricos leves não alteram a qualidade das bagas produzidas. Em contrapartida Marinho et al., (2009), verificaram redução na AT na colheita das bagas em plantas mantidas sob déficits hídricos elevados após a virada de cor (0% de ETc) em 'Superior Seedless', o que pode ser desvantajoso no aspecto qualitativo de uvas de mesa.

A razão ST:AT é um dos índices utilizados para a determinação da maturação tecnológica da uva e de suas características organolépticas. Sua utilização como índice de maturação da uva deve ser realizada com cuidado, pois um aumento nos SST nem sempre corresponde a uma redução similar em ATT. Contudo, este índice pode indicar o equilíbrio ideal entre a concentração de açúcar e acidez que uma cultivar pode atingir em uma determinada região e sistema de manejo (Ribéreau-Gayon *et al.*, 1998; Rizzon & Miele, 2004). Na Tabela 6 estão representados os valores da Relação ST:AT que representam a razão entre os sólidos totais e a acidez total, expressa em porcentagem de ácido tartárico, na maturação tecnológica das bagas nos ciclos 2017/18 e 2018/19.

No detalhamento da evolução da razão ST:AT na maturação tecnológica das bagas em ambos os ciclos avaliados, não foi observado nenhum efeito significativo dos tratamentos de reposição hídrica do solo (Tabela 6). Na colheita, tanto o tratamento sem restrição hídrica (TC) como a reposição de 80% da lâmina evapotranspirada apresentaram uma alta razão ST:AT no ciclo 2017/18, alcançando 39,7 e 36,4 (Tabela 6). Uma relação acima de 20:1 é considerada ideal para o equilíbrio das características organolépticas (Bleinroth, 1993), e representam um limite desejável para uvas tipo exportação (Beinroth, 1993). Esta alta razão apresentada no ciclo 2017/18 é resultante tanto do aumento na concentração de ST, quanto da catabolização dos ácidos orgânicos. Ao avaliar o ciclo 2018/19 também não se observa diferenças significativas entre os tratamentos alcançando valores de 23,8 e 21,5, também acima de 20 (Tabela 6).

Mais uma variável comprobatória em que o estresse hídrico leve imposto pela reposição parcial da lâmina evapotranspirada pela videira sob cultivo protegido não causa nenhuma alteração na maturação e na qualidade das bagas. Em contrapartida Marinho *et al.* (2009), observaram um aumento significativo na razão ST:AT em relação as plantas controle sob cultivo convencional, mantidas sob capacidade de campo, alcançando valores de 41,6 e 40,4 como atraso da época de aplicação da lâmina referente à suplementação hídrica de 50% e 0% de ETc após a virada de cor na variedade Sugraone. Cabe também ressaltar que a razão ST:AT muito acima de 20:1 evidencia um processo de sobrematuração, resultante da antecipação da

senescência dos frutos, e pode restringir a aceitação do fruto por parte dos países importadores (Navarro *et al.*, 2001).

Deve-se ressaltar que além do aspecto químico, bagas com concentrações glucométricas elevadas, expressas pelas altas relações ST:AT são mais suscetíveis à rachaduras se submetidas à grandes variações de disponibilidade hídrica, pois o limiar entre o fim da maturação e a sobrematuração coincide com o máximo conteúdo de suco e com restrita capacidade de expansão da película (Gil & Pszczólkowski, 2007), ou seja, alto potencial osmótico mas com restrita capacidade de plasticidade e elasticidade das bagas, assim como do armazenamento de água nas bagas.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Sob cobertura plástica de videiras a aplicação de estresse hídrico leve/moderado, correspondente à reposição de 80% da ETc, não altera as características físicas dos cachos, nem os componentes do rendimento das plantas;

Manter reposições de lâminas de irrigação correspondentes à 80% da ETc não alteram a maturação tecnológica das bagas, não havendo a necessidade de manter as plantas sob manejo de irrigação de alta frequência, repor 100% da ETc e com umidade do solo em capacidade de campo em videiras sob cultivo protegido;

Houve redução em cerca de 30% do consumo hídrico em dois anos sem alterar aspectos qualitativos da variedade;

A metodologia de reposição de lâminas de irrigação baseada na lâmina evaporada de mini-tanques evaporadores e corrigidas com a constante Kp_{SM} para cada um dos estádios de desenvolvimento fenológico da videira, apresenta alta eficiência para o manejo de irrigação da videira sob cobertura plástica.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABOUKHALED, A., ALFARO, J.F., SMITH, M. Los lisímetros. FAO Estudio Riego y Drenaje Paper 392, Rome, 60p. 1986.

ALLEN, R. G., PEREIRA, L. S., RAES, D., SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO. Irrigation and drainage, n.56, 300p, 1998.

BALBONTÍN, C.; AYALA, H.; BASTÍAS, R.M.; TAPIA, G.; ELLENA, M.; TORRES, C.; YURI, J. A.; QUEROGARCÍA, J.; RÍOS, J. C.; SILVA, H. Cracking in sweet cherries: A comprehensive review from a physiological, molecular, and genomic perspective. **Chilean Journal Agriculture Research**, v. 73, n. 1, p. 66-72, 2013.

BERGAMASCHI, H.; BERLATO, M.A.; MATZENAUER, R.; FONTANA, D.C.; CUNHA, G.R da; SANTOS, M.L.V. ; FARIAS, J.R.B.; BARNI, N.A. **Agrometeorologia aplicada à irrigação**. 2ª d. Porto Alegre: Editora da Universidade/UFRGS, v. único. 125 p, 1999.

BLEINROTH, E.W. Determinação do ponto de colheita. In: GORGATTI NETO, A. (Ed.) et al. **Uva para exportação: procedimentos de colheita e pós-colheita**. Brasília: EMBRAPA-SPI/FRUPEX, 1993. p.20-21 (Publicações Técnicas, 2).

CHAVARRIA, Geraldo; SANTOS, Henrique Pessoa dos. Manejo de videiras sob cultivo protegido. **Ciência Rural**, v. 39, n. 6, p. 1917-1924, 2009.

COOMBE, B.G. Relationship of growth and development to changes in sugars, auxins, and gibberellins in fruit of seeded and seedless varieties of *Vitis vinifera*. **Plant Physiology**. Bethesda, v.35, p. 241-250, 1960.

COSTA, S.V. Desenvolvimento e calibração de um mini tanque evaporimétrico, 2004. Dissertação de mestrado do curso de Mestrado em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Santa Maria, 2004.

Country profile. Disponível em: <<http://www.oiv.int/en/statistiques/?year=2016&countryCode=oiv>>. Acesso em: 02 out. 2020.

DE MELLO, L. M. R.; MACHADO, Carlos Alberto E. Cadastro Vitícola do Rio Grande do Sul: 2013 a 2015. **Embrapa Uva e Vinho-Livro científico (ALICE)**, 2017.

DE MELLO, Loiva Maria Ribeiro. Vitivinicultura brasileira: Panorama 2014. **Comunicado Técnico**, v. 175, n. 1, p. 6, 2015.

DE MELLO, Loiva Maria Ribeiro. Vitivinicultura brasileira: Panorama 2018. **Comunicado Técnico**, v. 210, 2019.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília: Embrapa-SPI, 1999. 412 p.

EMBRAPA UVA E VINHO. Normal climatológica Estação Agroclimática da Embrapa Uva e Vinho, Bento Gonçalves, RS Dados médios do período de 1961 a 1990. Disponível <http://www.cnpuv.embrapa.br/prodserv/meteorologia/bento-normais.html>. Bento Gonçalves, Acessado em junho 2020.

FERREYRA, R.E. *et al.* Efecto del água aplicada em las relaciones hídricas y productividad de la vid 'Crimson Seedless'. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, p.1109-1118, 2006.

GIL, G.F.; PSZCZÓLKOWSKI, P. **Viticultura**: fundamentos para optimizar producción y calidad. Santiago: Ediciones Universidad Católica de Chile, 2007. 535p.

KELLER, M. *et al.* Ripening grape berries remain hydraulically connected to the shoot. *Journal of Experimental Botany*, v.57, p.2577-2587, 2006.

KIST, B. B. *et al.* Anuário Brasileiro de Horti & Fruti. **Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz**, 2019.

KLUTE, A. Water retention: laboratory methods. In: KLUTE, A. (Ed.) **Methods of soil analysis**: physical and mineralogical methods. 2ed. Madison: American Society of Agronomy, p.635-662, 1986.

KÖPPEN, W. Das Geographische System der Klimatologie. Berlin: Borntrager, 1936. 44p.

LANG, A.; DÜRING, H. Grape berry splitting and some mechanical properties of the skin. **Vitis**, v. 29, n. 1, p. 61-70, 1990.

LORENZ, D.H.; EICHORN, K.W.; BLEHOLDER, H.; KLOSE, R.; MEIER, U.; WEBER, E. Phenological growth stages of grapevine (*Vitis vinifera* L.) - Codes and descriptions according to the extended BBCH scale. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, Adelaide, v.1, p.100-103, 1995.

MARINHO, L.B. *et al.* Produção e qualidade da videira 'Superior Seedless' sob restrição hídrica na fase de maturação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.44, n.12, p.1682-1691, 2009.

MCCARTHY, M. G. **Effect of timing of water deficit on fruit development and composition of Vitis vinifera cv. Shiraz**. 1997. 149p. Tese - Universidade de Adelaide, Australia, 1997.

MULLINS M.G.; BOUQUET A.; WILLIAMS L.E. **Biology of the grapevine**. New York: Cambridge University Press, 1992. 239p.

NACHTIGAL, Jair Costa *et al.* Recomendações para produção de uvas de mesa em cultivo protegido na região da Serra Gaúcha. **Embrapa Uva e Vinho-Documentos (INFOTECA-E)**, 2010.

NAVARRO, O.M.; RETAMALES, A.J.; DEFILIPPI, B.B. Efecto del arreglo de racimos y aplicación de citoquinina sintética (CPPU) en la calidad de uva de mesa variedad sultanina tratada con dos fuentes de giberelinas. *Agricultura Técnica*, Santiago, Chile, v.61, n.1, p.15-25, 2001.

OJEDA, H. *et al.* Determinación y control Del estado hídrico de la vid. Efectos morfológicos y fisiológicos de la restricción hídrica en vides. **Viticultura / Enología Profesional**, Buenos Aires, v.90, p.27-43, 2004.

OLIVEIRA, L. D. da S.; MOURA, M. S. B. de; LEÃO, P. C. de S.; SILVA, T. G. F. de; SOUZA, L. S. B. de. Características agronômicas e sensibilidade ao rachamento de bagas de uvas sem sementes. **Journal of Environmental Analysis and Progress**. v. 2, n. 3, p. 274-282, 2017.

OMETTO, J. C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Agronômica Ceres 1981. 440p.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3 900051 07-0, URL <http://www.R-project.org/>, 2011.

RIBEREAU-GAYON, P.; GLORIES, Y.; MAUJEAN, A.; DUBOURDIEU, D. **Traité d'oenologie. 2. Chimie du vin: stabilisation et traitements**. Paris: Dumond. v. 2, 519p, 1998.

RUIZ, H.A.; FERREIRA, G.B.; PEREIRA, J.B.M. Estimativa da capacidade de campo de latossolos e neossolos quartzarênicos pela determinação do equivalente de umidade. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.27, p.389-393, 2003.

SANTOS, H. P. Fruteiras de clima temperado em cultivo protegido: desafios e perspectivas em videira e macieira. SEMINÁRIO DE PESQUISA SOBRE FRUTEIRAS DE CLIMA TEMPERADO, 2005, Bento Gonçalves. **Anais...** Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2005. 44p.

SILVA, L.C. da. **Ecofisiologia de videiras 'Italia' (Vitis vinifera L.) em cultivo protegido sob diferentes condições hídricas**. 2011. 171p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

SOUZA, J.S.I.; MARTINS, F.P. **Viticultura brasileira: principais variedades e suas características**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 368p.

SOUZA, Essione Ribeiro et al. Produção de videira 'Superior Seedless', cultivadas em diferentes tensões de água no solo. **Irriga**, p. 232-242, 2013.