

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

**CURSO DE TECNOLOGIA EM VITICULTURA E ENOLOGIA**

**VITIVINICULTURA DE PRECISÃO – 4.0**

**WESLEY HONORATO DA SILVA**

**PETROLINA, PE  
2020**

**WESLEY HONORATO DA SILVA**

**VITIVINICULTURA DE PRECISÃO – 4.0**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao IF SERTÃO-PE *Campus* Petrolina Zona Rural, exigido para a obtenção de título de Tecnólogo em Viticultura e Enologia.

**PETROLINA, PE  
2020**

S586

Silva, Wesley Honorato da.

Vitivinicultura de precisão - 4.0 / Wesley Honorato da Silva. - 2021.

32 f.: il.; 30 cm.

Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Viticultura e Enologia)-Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, Petrolina, 2021.

Bibliografia: f. 31-32.

1. Vitivinicultura. 2. Tecnologias aplicadas.  
3. Sustentabilidade. I. Título.

CDD 634.8

**WESLEY HONORATO DA SILVA**

**VITIVINICULTURA DE PRECISÃO – 4.0**

Trabalho de Conclusão do Curso apresentado ao IF SERTÃO-PE *Campus* Petrolina Zona Rural, exigido para a obtenção de título de Tecnólogo em Viticultura e Enologia.

Aprovada em: \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_.

---

Professor Francisco Macedo de Amorim  
Orientador  
IF Sertão Pernambucano - PE/Campus Petrolina Zona Rural

---

Dr. Luís Henrique Bassoi  
EMBRAPA Instrumentação

---

Professor Dr. José Sebastião Costa de Sousa  
IF Sertão Pernambucano - PE/Campus Petrolina Zona Rural

## RESUMO

O trabalho de conclusão de curso será baseado em referencial teórico, reunindo informações sobre a evolução e avanços tecnológicos na vitivinicultura mundial e os benefícios ao meio ambiente, analisando e avaliando a eficiência da Gestão da variabilidade espacial com *Drones* (Aeronaves não tripulado), Satélites, GPS, Internet das Coisas, etc. E compreender os efeitos da utilização da vitivinicultura de precisão sobre a qualidade do fruto e seus potenciais benefícios. O método de pesquisa realizou-se através de busca em duas bases de dados (google.com.br, scholar.google.com.br) a fim de identificar os principais determinantes da adoção de viticultura/vitivinicultura de precisão descritos na literatura. Após coletar os dados, foi realizada a leitura dos materiais baixados e selecionadas as principais informações. Logo após foi realizada uma análise descritiva do conteúdo, a fim de buscar a compreensão da temática da pesquisa e ampliar o conhecimento sobre o título do trabalho e elaborar o referencial teórico. A viticultura de precisão visa a maximização do potencial agrônômico em termos de produtividade e qualidade das produções, ao mesmo tempo em que aumenta sua sustentabilidade ambiental. Para aplicar a VP são necessárias quatro fases: coleta de dados, processamento de dados e análise da informação, tomada de decisão e aplicação, estes são os pilares fundamentais para a implantação da VP. Sendo necessária a utilização de aparatos tecnológicos com objetivo de digitalizar o campo e assim obter mapas com todas as características do parreiral. Com base nessas informações tomam-se as medidas adequadas de manejo, irrigação, fertilização e adubação de cada planta. A viticultura de precisão pode ajudar os produtores a entenderem melhor os seus vinhedos e a atingir os seus objetivos. O âmbito dos seus objetivos inclui alcançar uma determinada qualidade de uva, atingir um determinado rendimento e até um determinado preço. A mesma visa ainda maximizar o potencial agrícola, ao mesmo tempo em que aumenta a produtividade, qualidade da produção e sustentabilidade ambiental. A qualidade dos frutos torna-se superior devido ao conhecimento individual da estrutura e característica de cada planta em todo o parreiral, podendo assim realizar aplicações de acordo com a necessidade especificar individual, ou até mesmo o processo de colheita individualizada ou seletiva, buscando obter um maior padrão de qualidade do produto final.

**Palavras-chave:** vitivinicultura de precisão, tecnologia.

## DEDICATÓRIA

A minha família que sempre esteve presente me apoiando durante toda essa jornada.

Às pessoas com quem convivi nesses espaços ao longo desses anos. A experiência de uma produção compartilhada na comunhão com amigos foi a melhor experiência da minha formação acadêmica.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Grande Arquiteto do Universo por ter me mantido na trilha certa durante toda esta caminhada, com saúde, forças e coragem para chegar até o final dessa etapa. À minha família pelo incentivo aos estudos e pelo apoio incondicional.

Grato pela confiança depositada pelo meu orientador Francisco Macedo de Amorim que dedicou inúmeras horas para sanar as minhas questões e me colocar na direção correta, e por me manter motivado durante minha trajetória acadêmica no Instituto Federal.

Toda equipe do IF-SERTÃO-PE Campus Petrolina Zona Rural, que contribuíram direta ou indiretamente para minha formação acadêmica. E principalmente a todo corpo docente que sempre transmitiu seu saber com muito profissionalismo. O meu muito obrigado.

## EPÍGRAFE

O mundo alcançou um nível tecnológico nunca antes imaginado. Entretanto, estamos apenas engatinhando frente ao futuro. Muitas das facetas do que chamamos de 'ficção científica', se revelarão como uma realidade perfeitamente plausível.

(Antony Valentim)

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

	Página
Figura 1 - Ciclo da Viticultura de Precisão (VP) .....	18
Figura 2 - Rastreamento via Satélites e Drones.....	19
Figura 3 - Espectro de luz .....	20
Figura 4 - NDVI – <i>Normalized Difference Vegetation Index</i> ou Índice de Vegetação Diferencial Normalizado .....	21
Figura 5 - O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e sua interpretação .....	22
Figura 6 - Sensores de monitoramento sem fio autônomo através de energia solar .....	23
Figura 7 - Transmissão de dados georreferenciados para servidor Web para acesso remoto – sensores de identificação de maior ou menor umidade do solo e qualidade do solo .....	24
Figura 8 - Vinescout robô autônomo para monitoramento de vinhedo.....	25

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS (OPCIONAL)

AP – Agricultura de Precisão

GIS - Geographical Information System

GPS - Global Position System

NDVI - Normalized Difference Vegetative Index

SIG – Sistema de Informação Geográfica

VP - Viticultura de Precisão

EUA – Estados Unidos da América

VANT – Veículo Aéreos não Tripulados

SGNS- sistemas global de navegação por satélite

UAV- Unmanned Aerial Vehicle

NIR - Near-Infrared Spectroscopy

pH - Potencial Hidrógeno

NPK – Nitrogênio, Fósforo e Potássio

IoT - Internet of things

## SÚMARIO

	Página
1. INTRODUÇÃO .....	10
1.1. Primeira revolução Agrícola.....	10
1.2. Segunda Revolução Agrícola .....	11
1.3. Revolução Verde - Terceira Revolução Agrícola .....	11
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	12
3. OBJETIVOS .....	15
3.1. Objetivo Geral .....	15
3.2. Objetivos específicos .....	15
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	16
4.1. Método utilizado .....	16
4.2. Análise de dados.....	17
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	17
5.1. Implantação da Viticultura de Precisão .....	18
5.2. Coleta de dados .....	18
5.3. Processamento de dados e análise da informação.....	25
5.4. Tomada de decisão.....	26
6. CONCLUSÃO OU CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	29
7. REFERÊNCIAS.....	31

## 1. INTRODUÇÃO

Vitivinicultura de precisão, assim como a agricultura de precisão, pode ser entendida como a gestão da variabilidade temporal e espacial da área cultivada com o objetivo de melhorar o rendimento econômico da atividade agrícola quer pelo aumento da produtividade ou qualidade quer pela redução dos custos de produção, com intervenções de defensivos, adubação e irrigação somente quando necessário reduzindo impacto ambiental. Sendo marcada pelo uso de *IoT*, *Drones*, Robôs e Satélites, realizando estudos detalhados de toda a área cultivada - Fazenda Vertical (Francisco, 2013).

Para a melhor compreensão do assunto, deve-se conhecer as principais evoluções ocorridas na agricultura e seu conceito histórico.

O surgimento da agricultura se deu na pré-história, até então o homem era nômade viviam da coleta de frutos nativos, caça e pesca, quando havia escassez de alimento naquela região ele mudava para outra que houvesse condições adequadas para sua sobrevivência (Francisco, 2013).

A agricultura aparece no Neolítico, período compreendido entre 8000 e 5000 a.C. O homem começa a dominar os metais - cobre, estanho e, enfim, o ferro -, forjando-os no fogo. Surgem as ferramentas de trabalho (Feldens, 2018).

### 1.1. Primeira revolução Agrícola

O termo revolução ou revoluções significa grandes mudanças, quase sempre no sentido de crescimento. Possivelmente, a primeira “revolução agrícola” ocorreu ainda no Neolítico, há cerca de 8.000 anos, quando o homem deixou de ser nômade para ser sedentário (Feldens, 2018).

O cultivo do solo veio atrelado ao desenvolvimento de instrumentos/ferramentas para facilitar o cultivo agrícola. No início, eram pedras ou galhos de árvore usados para rasgar o solo; depois a pedra foi lascada de propósito para melhor cortar; e, mais tarde, sua lâmina foi aparada (Feldens, 2018).

“A transição para a agricultura começou no interior montanhoso do sudeste da Turquia, no oeste do Irã e no Levante. Começou devagar numa área geográfica restrita. Trigo e bodes foram domesticados por volta 9000 a.C.; ervilhas e lentilhas, em torno de 8000 a.C.; oliveiras, cerca de 5000 a.C.; cavalos, por volta de 4000 a.C.; e videiras em 3500 a.C. Alguns animais e

sementes, como camelos e castanhas de caju, foram domesticados ainda mais tarde, mas, em 3500 a.C., a principal onda de domesticação havia chegado ao fim. Mesmo hoje, com toda a nossa tecnologia avançada, mais de 90% das calorias que alimentam a humanidade vêm do punhado de plantas que nossos ancestrais domesticaram entre 9500 e 3500 a.C. – trigo, arroz, milho, batata, painço e cevada (Feldens, 2018).

## **1.2. Segunda Revolução Agrícola**

A segunda revolução se deu na *Grã-Bretanha* e posteriormente se espalhando pelo mundo, com o crescimento da população mundial e a necessidade de maior produção de alimentos, entre os Sec. XVIII e XIX foram empregados o uso de tecnologia para o aumento da produção de alimentos, passando a usar equinos como fonte de força para auxiliar no cultivo do campo, rotação de cultura melhorando a fertilidade do solo, melhoria na seleção de sementes e divisão dos espaços entre agricultura e pecuária (Braga, 2009).

As principais culturas desenvolvidas nessa época foram batata e milho, sendo cultivadas em larga escala.

Em meio à segunda Revolução Agrícola veio a Revolução Industrial com a necessidade de mão de obra e matéria prima para fabricas.

## **1.3. Revolução Verde - Terceira Revolução Agrícola**

A expressão Revolução Verde foi criada em 1966, em uma conferência em *Washington*. Porém, o processo de modernização agrícola que desencadeou a Revolução Verde ocorreu no final da década de 1940 (Francisco, 2013).

Este programa se deu com o propósito de aumentar a produção agrícola com uso de fertilizantes, pesquisa para melhoramento de sementes com resistência a pragas e doenças, aliado a utilização de agroquímicos e utilização de máquinas no cultivo (Braga, 2009).

O impacto no mundo foi tão amplo que o agrônomo estadunidense Norman Borlaug, considerado o “pai” da Revolução Verde, foi agraciado com o Prêmio Nobel da Paz no ano de 1990 (Francisco, 2013).

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

A história da agricultura deu-se início quando o homem ainda nômade ao jogar próximo ao acampamento restos de alimentos (sementes), verificou que as sementes nascidas ali produziam frutos, constatou assim que não haveria mais a necessidade de ficar mudando de lugares após extrair todos os recursos naturais coleta de frutas, caça e pesca. Passando assim criar residências fixa e conseqüentemente comunidade, nesse mesmo período deu se início a domesticação de animais, animais estes que normalmente vinham nas proximidades do acampamento para comer restos de alimentos (Feldes, 2018).

A evolução da humanidade está envolvida diretamente com o desenvolvimento agrícola. Nesse sentido, à medida que as sociedades modernizaram suas técnicas e tecnologias, mais a evolução da agricultura conheceu seus avanços (Feldes, 2018).

O século XXI é representado pelos avanços tecnológicos, logo no início do século a tecnologia chegou ao campo com intuito de contribuir para o crescimento em nível de quantidade e qualidade de produção. No decorrer dos anos o campo agrícola vem sofrendo pela a escassez de mão de obra ou altos custos devido a leis implementadas no decorrer dos anos. A tecnologia vem suprindo essa carência com equipamentos robotizados, reduzindo assim a necessidade de mão de obra, ou a utilização de mão de obra qualificada para operar esses equipamentos (Feldes, 2018).

O uso de tecnologia robotizada com obtenção de banco de dados na área de vitivinicultura passou a ser chamado de vitivinicultura 4.0 ou vitivinicultura de precisão, onde são utilizados recursos tecnológicos para análises de toda a cadeia de produção desde a escolha do solo, clima e variedades adequada a serem cultivadas em determinada região etc. Tudo isso com rapidez e baixo custo devido ao uso de tecnologias tais como uso de *Drones* (Aeronaves não tripulado), GPS, Satélites (Braga, 2009).

A viticultura de precisão é a designação dada à aplicação da agricultura de precisão à viticultura. Os princípios da viticultura de precisão são idênticos à agricultura de precisão. A otimização da gestão das parcelas agrícolas tendo em conta a variabilidade espacial e temporal do solo, operações, cultura, etc. O que se pretende é gerir a variabilidade espacial de forma a aumentar a produtividade de cada zona da mesma parcela (Braga, 2009).

As aplicações da viticultura de precisão incluem quase sempre grandes volumes de dados que é preciso gerir e converter em informação útil que possa ser utilizada como base no processo de tomada de decisões no dia-a-dia. Em posse dessas informações passa a realizar uso racional de intervenções ao cultivo (Blanco; Silva, 2014).

A primeira conferência internacional sobre agricultura de precisão se realizou em Minneapolis, EUA, em 1992. Desde então, vários autores propuseram definições diferentes para o tema. Agricultura de precisão possui objetivo de controlar o uso de fertilizantes, sementes, agroquímicos, irrigação, e intervenção adequada na estrutura da planta, a fim de alcançar melhor qualidade e maior produtividade e conseqüentemente aumento nos lucros, e reduzir os riscos ambientais com isso ofertar melhor qualidade no produto final (Cook & Bramley, 1998).

A vitivinicultura de precisão também pode ser usada para dividir a colheita, ou seja, diferentes monitoramentos de diferentes áreas na mesma parcela e a correspondente vinificação separadamente das uvas obtidas. Dessa maneira, o vinho pode ser obtido da mesma variedade e parcela, mas, devido às condições específicas de crescimento e desenvolvimento relacionadas com tipos de solo, microclima, inclinação e exposição solar, produzem uvas com qualidade e maturação diferentes e conseqüentemente vinhos distintos (Magalhães, 2015).

Para implementar a viticultura de precisão e obter maiores quantidades e melhor qualidade dos dados, são necessárias tecnologias, como sistema de Veículo aéreo não tripulado (VANT), Satélites, Robôs, posicionamento global (GPS), sistema de informações geográficas (GIS), sensores remotos, detectores, Estações meteorológicas, gráficos de produtividade etc.(Rodrigues; Saianda *et al.*, 2017).

Os benefícios da adoção da Vitivinicultura de precisão (VP) podem ser comprovados em dois níveis: para os viticultores, porque para melhorar o uso de fatores de produção, reduzir custos e impacto no meio ambiente; para os Enólogos, porque melhora a logística dentro da vinícola, para que tenha uma melhor compreensão do processo ao todo, do vinhedo a cantina. (Arnó *et al.*, 2009).

Um dos argumentos mais fortes para a adoção de VP é a variabilidade comprovada nos últimos anos por meio de mapeamento, vegetação, produtividade e qualidade

(Hall *et al.*, 2002). Devido a diferenças de quantidade e qualidade, é possível realizar um gerenciamento específico para melhorar a eficiência e a lucratividade da produção.

Melhorias na resolução espectral e espacial e o uso de sensores a preços mais acessíveis aumentaram o interesse dos vitivinicultores em usar imagens aéreas para monitorar aspectos como status fisiológico e desenvolvimento da videira, e para aspectos estruturais é criado um banco de dados para apoiar na tomada de decisão para intervenção adequada no vinhedo (Arkun *et al.*, 2000).

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. Objetivo Geral**

Avaliar os efeitos da aplicabilidade da vitivinicultura de precisão/4.0 na gestão da variabilidade espacial em vinhedos.

#### **3.2. Objetivos específicos**

- Analisar a eficiência do uso de Robôs e Internet das Coisas para o manejo sustentável da videira;
- Avaliar o potencial do uso de *Drones*, Satélites e GPS na criação de bancos de dados através de georreferenciamento;
- Compreender os efeitos da utilização da vitivinicultura de precisão sobre a qualidade do fruto e seus potenciais benefícios.

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

O desenvolvimento do trabalho seguiu os preceitos do estudo exploratório, por meio de revisão bibliográfica.

Revisões bibliográficas ou revisões de literatura são análises críticas, detalhadas e extensivas das publicações atuais em uma determinada área do conhecimento (Trentini & Paim, 1999).

A revisão bibliográfica tenta explicar e discutir um tópico com base em referências teóricas publicadas em livros, revistas, periódicos, etc. Também tenta entender e analisar o conteúdo científico de um determinado tópico (Martins, 2001).

Esse tipo de pesquisa visa expor os pesquisadores diretamente a tudo o que foi escrito, falado ou fotografado sobre um determinado assunto (Marconi & Lakatos, 2007).

A ideia da pesquisa é induzir o contato pessoal dos alunos com a teoria através da leitura, o que leva à auto explicação (Demo, 2000).

Portanto, de acordo com o ponto de vista dos autores citados, a revisão bibliográfica não é apenas uma repetição do que foi dito ou escrito sobre um tópico específico, mas também fornece um novo foco ou método para a pesquisa de tópicos e tira conclusões inovadoras.

### 4.1. Método utilizado

Realizou-se uma busca em duas bases de dados (google.com.br, scholar.google.com.br) a fim de identificar os principais determinantes da adoção de viticultura/vitivinicultura de precisão descritos na literatura. Nas duas bases de dados foram utilizadas as mesmas combinações de termos: “viticultura de precisão, vitivinicultura de precisão ou vitivinicultura de *precision* filtrados primeiramente por título, resumo e palavras.

Nesta etapa do trabalho a pesquisa gerou: 1.312 artigos científicos, 170 trabalhos de conclusão de curso e 830 livros. As pesquisas foram realizadas nos idiomas português e espanhol, e encontradas 4.080 ocorrências com viticultura/vitivinicultura de precisão, e 4.360 ocorrências com vitivinicultura de *precision*.

## 4.2. Análise de dados

Após pesquisas utilizando filtros foi realizada a leitura dos principais artigos, teses e dissertações encontradas nas bases de dados até se chegar aos materiais selecionados, sendo selecionada apenas a literatura que atendia aos critérios de inclusão definidos neste estudo. Os quais foram arquivados em um software de gerenciamento de bibliografias *Mendeley*® (Conforto, Amaral & Silva 2011).

Após coletar os dados, foi realizada a leitura dos materiais baixados e selecionadas as principais informações. Logo após foi realizada uma análise descritiva do conteúdo, a fim de buscar a compreensão da temática da pesquisa e ampliar o conhecimento sobre o título do trabalho e elaborar o referencial teórico.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Vitivinicultura de Precisão (VP) baseia-se nos princípios da agricultura de precisão, onde deve-se conhecer todas as características do solo, climáticas e biológicas da planta, e para isso é necessário conhecer as mudanças espaciais e temporais de cada parcela, objetivando o melhor rendimento tanto pelo aumento de produtividade, qualidade, redução de custos na produção e conseqüentemente menor impactos ambientais.

Quando se trata de VP, é compreensível que mesmo que a área seja pequena, a vinha representa o universo, um conjunto de micro parcelas, ou mesmo uma singularidade de videiras. E, para analisar todas essas singularidades, várias técnicas podem ser utilizadas. Tais como geolocalização, sensoriamento remoto, análise de satélite/*drones*, vários tipos de sensores (calor, luz, eletromagnético, etc.), monitoramento de solo, colheita, rendimento, clima, maturidade, pragas, etc. Conhecendo todas as características torna-se possível montar um banco de dados no SIG (sistemas de informação geográfica), onde esses dados resultarão em informações para tomadas de decisões de forma planejada no decorrer de toda a vida do parreiral.

O Sistema de Informação Geográfica (SIG) ou *Geographical Information System* (GIS) consiste em um software de computador associado a um banco de dados que é usado para armazenar, analisar, processar e gerar informações de referência geográfica (Searcy, 1997).

## 5.1. Implantação da Viticultura de Precisão

É de fundamental importância conhecer as características do local a ser implantado o parreiral, pois assim pode definir posicionamento do delineamento do vinhedo de acordo com a inclinação do solo ou a posição de insolação, o local onde deve ser instalado os registros de vazão de água, qual variedade de videira/porta-enxerto deve ser utilizado para ter uma melhor produtividade, uso de instrumentos tecnológicos e de fundamental importância para a realização dessas tarefas (Searcy, 1997).

Para aplicar a VP são necessárias quatro fases: coleta de dados; processamento de dados e análise da informação; tomada de decisão e aplicação. A figura 1 apresenta Ciclo da Viticultura de Precisão (VP).

Figura 1 - Ciclo da Viticultura de Precisão (VP)



Fonte: <https://www.feagri.unicamp.br/gitap/images>

## 5.2. Coleta de dados

A VP utiliza-se aparatos tecnológicos com objetivo de coletar dados através de mapeamento da região onde será implantado o vinhedo ou em vinhedos já

estabelecidos, e esse processo pode ser realizado com auxílio de Satélites, *Drones* para a obter imagens espacial e também por Quadriciclos rastreado via GPS, equipados com brocas para coletas de amostras de solo (Tisseyre & Taylor, 2008)..

Uso de Sistema Global de Navegação por Satélite (SGNS), sendo o Sistema de Posicionamento Global (GPS) o mas utilizado. Graças a este sistema obtemos informações da posição em três dimensões: elevação, latitude e longitude, a partir das quais podemos desenvolver mapas de precisão da geolocalização do vinhedo (Tisseyre & Taylor, 2008).

*Global Position System* GPS é um projeto do Departamento de Defesa dos Estados Unidos que teve início na década de 1970 e tem como objetivo fornecer a posição, velocidade e tempo instantâneos de qualquer ponto da superfície terrestre, ou acompanhá-lo em um quadro tridimensional (Bernardi & Landim, 2002).

O uso de sensoriamento remoto (fotos aéreas de satélite e digitais) é uma importante área de pesquisa da VP, pois todos os objetos na superfície da Terra refletem a radiação solar. É uma tecnologia que coleta informações de objetos por meio de coleta de dados por instrumentos especiais que não fazem contato físico com o objeto (Ortega & Esser, 2002).

Os veículos aéreos não tripulados ou *Unmanned Aerial Vehicle (UAV)*, normalmente chamados de *Drones*, estão se tornando cada vez mais comuns nesse tipo de análise de VP, pois podem realizar um monitoramento muito flexível em um curto período de tempo. Como podem ser equipados com uma variedade de sensores, eles podem realizar uma ampla variedade de operações (Ortega & Esser, 2002). A figura 2 apresenta o rastreamento via Satélites e *Drones*.

Figura 2 - Rastreamento via Satélites e Drones

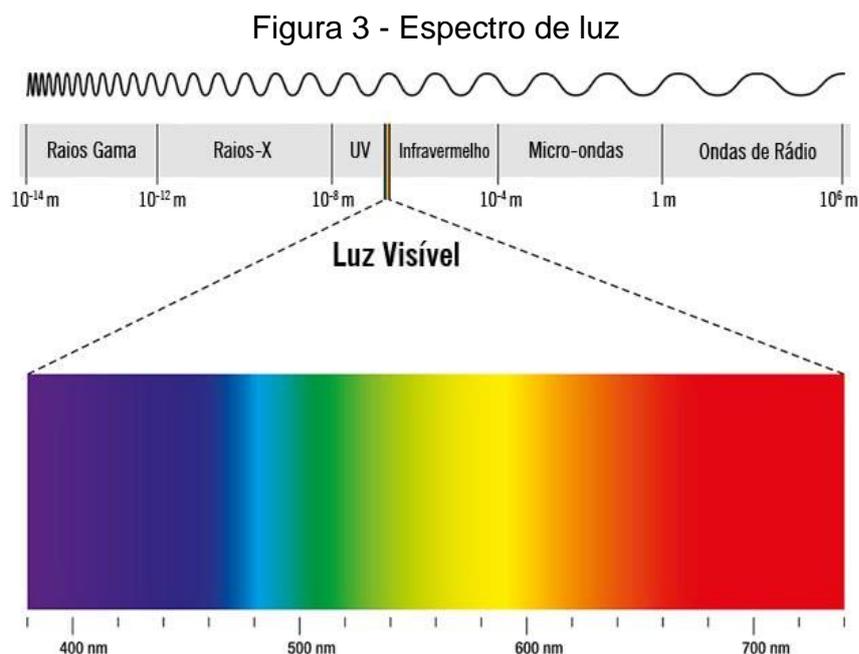


Fonte: <https://agriculturers.com/los-drones-para-agricultura-abren-paso-a-la-observacion-por-satelite>

A aplicação da tecnologia de sensoriamento remoto na viticultura de precisão está focada principalmente na espectroscopia de reflexão, que é uma tecnologia óptica baseada na medição de reflexão da radiação eletromagnética incidente em diferentes comprimentos de onda (especialmente na região visível, infravermelho próximo e infravermelho térmico). A relação entre a intensidade do fluxo radiante refletido e incidente é específica para cada tipo de superfície. A categoria de sensor mais comum é capaz de detectar mudanças na evapotranspiração ou na fotossíntese na superfície da folha (Matese, 2019).

Sensores térmicos são usados para medir remotamente a temperatura da folha, por exemplo, quando ocorre uma condição de estresse hídrico, a temperatura da folha aumenta. As alterações na fotossíntese estão relacionadas ao estado nutricional, saúde e vitalidade das plantas, podendo também ser detectadas por sensores. Desta forma, as imagens aéreas são frequentemente utilizadas para estimar a biomassa e modelos de produção (Grizzo, 2019).

O comprimento da luz visível é apenas uma das muitas formas de energia eletromagnética. Ondas de rádio, microondas, raios X, ultravioleta e infravermelho são outros comprimentos de onda do espectro eletromagnético (Lillesand & Kiefer, 1979). A figura 3 apresenta o espectro de luz.



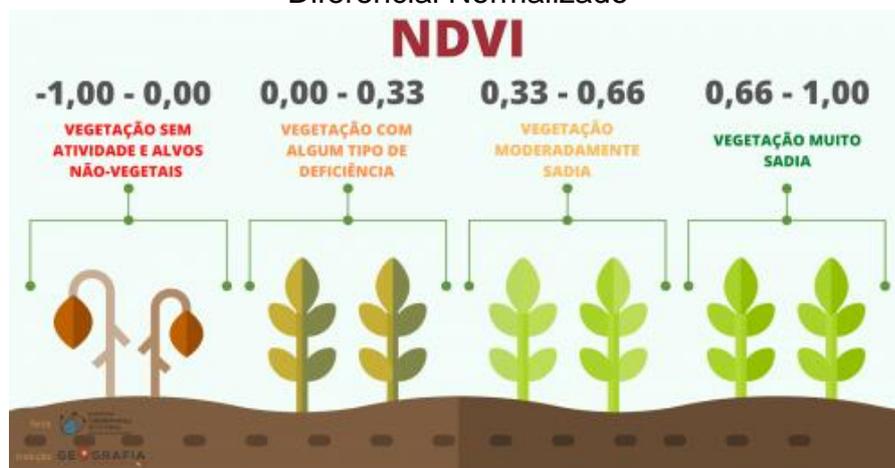
Fonte: <https://adenilsongiovanini.com.br/blog/espectro-eletromagnetico>

O olho humano é sensível apenas à região da luz visível, que varia entre 400 nm (comprimento de onda curto igual à alta frequência) e 700 nm (comprimento de onda longo igual à baixa frequência). Esta faixa de valores caracteriza a energia refletida por objetos que absorvem, transmitem e refletem a energia eletromagnética. Essa energia é refletida apenas nas três cores primárias, azul, verde e amarelo, que são usadas em conjunto com os raios infravermelhos próximos (730-1400nm) para calcular os diferentes índices de vegetação usados na VP (Lillesand & Kiefer, 1979).

Atualmente a VP utiliza-se de sensores de imagens que proporcionam dados sobre tamanho e cor das bagas, espectrofotômetros portáteis que trabalham na área visível (300-700 nm) estimando a quantidade de antocianos e o índice de polifenóis totais, o infravermelho próximo (700-2000 nm) o NIR para fazer uma estimativa da concentração de açúcares e ácidos no mosto. Também são utilizados sensores detectores de diferentes substâncias importantes para determinar possível ataque de *Botrytis cinerea*, tais como ácido glucônico e glicerina. Graças a estes sensores podemos falar de micro-zonificação e nos permitir diferenciar a qualidade das uvas ao chegar à cantina (Best *et al.*, 2005).

O *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) ou Índice de Vegetação Diferencial Normalizado (IVDN) é o indicador mais comumente usado para medir a biomassa e o vigor das plantas. Plantas com alto vigor vegetativo apresentarão um valor próximo à unidade NDVI, enquanto plantas com baixo vigor apresentarão um valor muito próximo de zero (Hall *et al.*, 2002). A figura 4 apresenta NDVI – Índice de Vegetação Diferencial Normalizado.

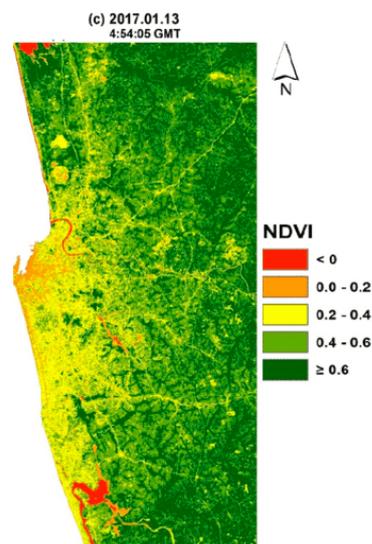
Figura 4 - NDVI – *Normalized Difference Vegetation Index* ou Índice de Vegetação Diferencial Normalizado



Fonte: <https://blog.agointeli.com.br/blog/indice-de-vegetacao>

Outro aspecto é a necessidade de constância através do tempo na coleta de dados sobre parcelas para estabelecer padrões, obtém-se um valor adimensional, o qual relaciona diretamente com o vigor vegetativo, podendo elaborar mapas nos quais servirá para calcular previsões de produtividade do vinhedo, avaliar qualitativamente a uva, assim como analisar o estado nutricional e hídrico da planta e o estado sanitário (Martin *et al*, 2007). A figura 5 apresenta O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e sua interpretação.

Figura 5 - O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e sua interpretação



Fonte: <https://ecoscript.org/interpretacionndvi>

Para implementar a VP e obter maiores quantidades/qualidade de dados, não só utiliza as tecnologias mais recentes, como Sistema de Posicionamento Global (GPS), Sistema de Informação Geográfica (GIS) e sensores remotos, mas também outras ferramentas de medição são necessárias tais como: Estações meteorológicas, gráficos de produtividade, etc. (Braga, 2016; Arnó *et al.*, 2009).

IoT é uma abreviatura de *Internet of Things* ou Internet das Coisas em português. O termo é usado para referir-se à interconexão de dispositivos e objetos do cotidiano que podem trocar dados entre si pela Internet. Portanto, ao usar sensores inteligentes e softwares apropriados, os objetos podem estabelecer comunicação e tornar-se parte de uma enorme rede de comunicação. Portanto, observe o surgimento de novas inclusões de objetos na rede, que antes eram inertes, mas agora estão ativos, sendo acionados e acionando outros objetos (Jacto, 2020).

IoT por meio de sensores inteligentes e softwares que transmitem dados para a rede, a conexão e a comunicação entre objetos físicos e com os usuários é feita desta forma. Parece com um grande sistema neural humano que pode trocar informações entre dois ou mais pontos (Jacto, 2020).

A ideia da IoT na agricultura é conectar dispositivos, máquinas e outras ferramentas da web, para que elas possam trocar informações e serem gerenciados remotamente. Teoricamente, qualquer objeto pode entrar no mundo da IoT, da geladeira a, por exemplo, fechadura de uma porta. Na atividade agrícola, podem ser utilizado abundantemente com sensores e câmeras instaladas no campo, que podem detectar dados de clima, temperatura, estágio e condições de desenvolvimento da planta, irrigação, etc. Estes dados são enviados para a central de informações para que o produtor possa tomar as decisões mais adequadas de forma ágil (Jacto, 2020).

Sensores sem fio são utilizados para mensurar parâmetros meteorológicos (variabilidade espacial). O conhecimento das condições climáticas é de fundamental importância, pois o clima está diretamente relacionado ao fenômeno de maturação uniforme, enfermidades e pragas. A figura 6 apresenta Sensores de monitoramento sem fio autônomo através de energia solar.

Figura 6 - Sensores de monitoramento sem fio autônomo através de energia solar

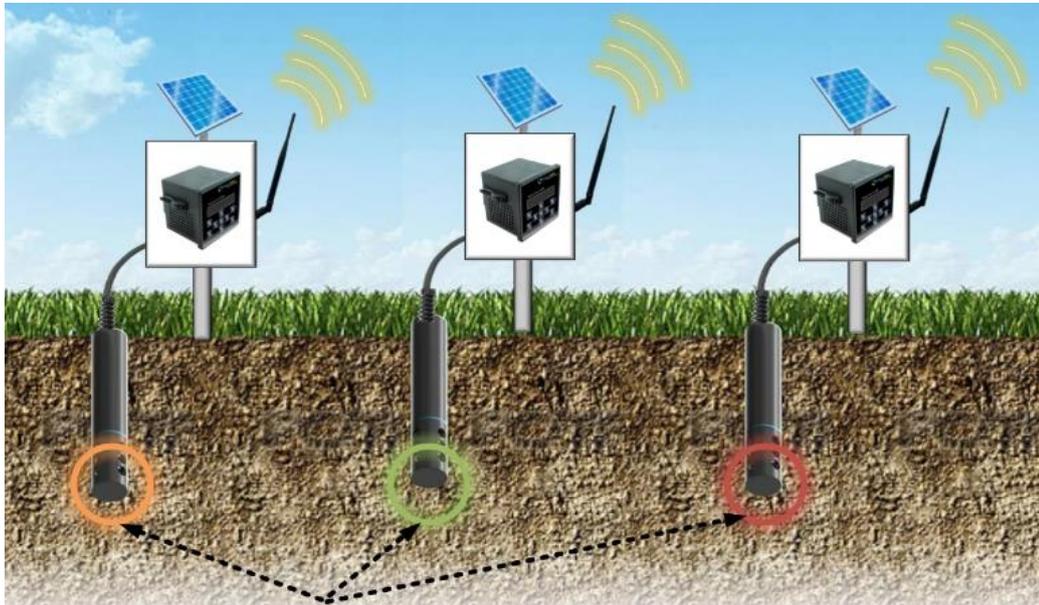


Fonte: <https://itg.es/rectoral-de-amandi-amplia-su-apuesta-por-la-viticultura-de-precision-con-redes-de-sensores-inalambricos>

Com auxílio desses sensores pode-se medir aspectos-chave da variabilidade existente no solo, pH, características como textura, profundidade, conteúdo de

matéria orgânica, nutrientes, condutividade elétrica, etc. A figura 7 apresenta Transmissão de dados georreferenciados para servidor Web para acesso remoto.

Figura 7 - Transmissão de dados georreferenciados para servidor Web para acesso remoto – sensores de identificação de maior ou menor umidade do solo e qualidade do solo



Fonte: <https://www.acquanativa.com.br/aplicacoes/images/agricultura/rede-mesh.webp>

Quando se quer realizar medidas de parâmetros fisiológicos das plantas como, potencial hídrico, conteúdo foliar em clorofila, índice de área foliar, utilizam-se sensores portáteis, sensores remotos terrestres (termografia, refletância) que permite realizar medidas contínuas em linhas e parcelas.

A VP conta também com auxílio de robôs autônomos que podem ajudar os produtores de vinho na medição dos principais parâmetros, incluindo disponibilidade de água (estado da água da videira), temperatura da folha / dossel da videira e vigor da planta. A figura 8 apresenta robô autônomo para monitoramento de vinhedo.

Graças a estes sensores podemos falar de microzonificação o que nos permiti obter qualidade no produto final (Best *et al.*, 2005).

Figura 8 - Vinescout robô autônomo para monitoramento de vinhedo



Fonte: <https://www.expansion.com/economia-digital/innovacion/2018/09/28/5baa5defe2704e69938b456f.html>

### 5.3. Processamento de dados e análise da informação

Para analisar todos os dados obtidos, utiliza-se ferramentas como a geoestatística, múltipla regressão multidimensional, entre outros. Uma vez coletados os dados são realizados os mapas e interpretam-se as causas que provocaram essa variabilidade (Whelan & Mcbratney, 2000). O seguinte passo é a tomada de decisão em função das informações obtidas para o qual utilizam-se os programas de suporte informático. Outro aspecto fundamental é estudar a viabilidade econômica que determina um manejo localizado no parreiral. Aspectos como a flutuação do preço da matéria-prima, o tamanho pequeno das parcelas, não seria rentável no dia de hoje o uso de certas ferramentas tecnológicas de acordo com o volume de produção.

Os sistemas de informação geográfica, SIG ou GIS (*Geographic Information System*), são sistemas de informação capazes de integrar, armazenar, editar, analisar, compartilhar e mostrar as informações geograficamente referenciadas (Yuste, 2013). Se fala em relação a VP, os sistemas de informação geográfica são programas informáticos para a gestão e visualização de dados georreferenciados, capazes de gerar mapas sobrepostos (Basso *et al.* 2007).

O *Big Data* nos permite tratar um grande volume de dados, que é processado em grande velocidade. Com estas informações, as ferramentas de *Business Intelligence* (Inteligência empresarial) nos permitem realizar análises preditivo, que ajudam na tomada de decisões estratégicas em função de uma predileção de comportamento

baseada nos dados tomados em tempo real e que nos permitem reduzir o grau de erro.

Mediante o uso dessa tecnologia consegue-se obter dados espaciais sobre o sistema produtivo que ajudam a facilitar a tomada de decisão e assegurar uma melhor eficácia no trabalho. É muito importante o papel dos sistemas de gestão e de apoio, para poder analisar esses dados, transformando-os em informações, senão teríamos somente dados, muitos dados colhidos, porém sem utilidade (Basso *et al.*, 2007).

#### **5.4. Tomada de decisão**

Segundo CAPELLI (1999), a vantagem da VP é que ela pode compreender melhor o campo de produção, para que decisões melhor embasadas possam ser tomadas. Desta forma, a capacidade e flexibilidade para alocar insumos nesses locais e no tempo necessário à planta, minimizando os custos de produção, corrigindo os fatores que afetam a sua variabilidade, de forma a atingir a unidade de produtividade, melhorando assim a produtividade de forma abrangente.

A aplicação localizada dos insumos necessários para sustentar alta produtividade contribui para a preservação do meio ambiente, uma vez que esses insumos são aplicados apenas nos locais, quantidades e no tempo necessário.

A interpretação dos mapas de produtividade é fundamental para a correção de fatores de produção que persistem ao longo do tempo, como mudanças nos tipos de solo na área de plantio, acidez do solo em locais específicos, falta de fertilizantes e até mesmo formulações NPK insuficientes, escassez ou excesso de água em determinadas áreas, etc. (Capelli, 1997).

Com base nessas informações tomam-se as medidas adequadas de manejo, irrigação, fertilização e adubação de cada planta.

#### **5.5 Aplicação**

Dependendo dos aspectos considerados, as aplicações atuais da VP podem ser classificadas de diferentes maneiras. Quanto ao horizonte temporal as aplicações podem ser de curto prazo “*one-time*” em contraste com aplicações de “médio-longo prazo” ou em “ciclo” (Braga, 2011).

Solicitações *one-time* são aquelas decorrentes da correção de fatores que limitam a produção de uma única safra. Por exemplo, através da carta de produtividade de uma parcela, mostra: uma área com problemas de drenagem que têm grande impacto na produtividade; áreas da parcela com pH abaixo do indicado são detectadas; ou ainda, em um sistema de irrigação onde são detectadas faixas concêntricas de menor produtividade, devido à aspersores defeituosos (Braga, 2011).

Em tais situações, será possível em uma ou mais intervenções, eliminar ou controlar o fator limitante para que tenham um impacto significativo na produtividade.

Em aplicações "ciclo" onde os fatores limitantes responsáveis pela diferenciação espacial em produtividade/qualidade são dinâmicos na campanha e entre as campanhas (pragas, doenças, NPK, água disponível, etc.), as aplicações sucedem-se em um ciclo interminável de medição/estimativa (análises de solo, detecção remota, sondas, condutividade elétrica aparente (Braga, 2011).

Na VP o uso de *Drones* não se limita a coletas de imagens aéreas para montagem de mapas georreferenciados. Também são utilizados no controle de pragas e doenças, podendo realizar pulverização localizada com auxílio de GPS para traçar coordenadas de latitude e longitude torna-se possível a aplicação individual de agroquímicos de acordo com a necessidade de cada planta.

Atualmente, aliada ao sucesso da aplicação de defensivos nas lavouras, a tecnologia de dosagem variável efetivamente implantada tem contribuído para um melhor aproveitamento dos agroquímicos em variadas doses na área da lavoura instalada, deixando de usá-los em locais desnecessários, contribuindo para um uso mais favorável, sem desperdício de defensivos e reduzindo a contaminação do solo. (Reynaldo, 2009).

O uso de *drones* traz diversas vantagens, tais como: a aplicação em áreas de difícil acesso, áreas muito íngremes ou com obstáculos onde diferentes pulverizadores não conseguem funcionar, talvez sendo esta a maior vantagem de usar *drones*. O acesso por *drones*, portanto, em alguns casos, é a única alternativa. O *drone* também permite fazer aplicações em taxa variável ou localizados apenas na área de nosso interesse, conseqüentemente há uma economia de produto (Luchetti, 2019),

atualmente são encontrados no mercado *drones* pulverizadores com capacidade de 20L.

A demanda de água das safras agrícolas é indiscutível. Porém, se for aplicado na quantidade certa e no momento mais adequado, o resultado pode maximizar a produtividade das lavouras. Portanto, saber em que região está a água disponível é tão importante quanto saber o melhor horário de realizar a irrigação e a quantidade de água mais adequada. Tudo isso é obra da IoT. Por isso, sensores colocados estrategicamente no solo geram impulsos elétricos que serão reconhecidos pela central de comando, que acionará o sistema de irrigação em uma área específica da propriedade. Apenas as áreas necessárias serão irrigadas para otimizar o trabalho, energia e recursos. Da mesma forma, após atingir um nível de umidade satisfatório, o equipamento enviará sinal elétrico para fechamento de válvulas ou cessamento da irrigação. Desta vez, o sensor informa ao sistema de irrigação que já pode ser desligado (Jacto, 2020).

## **5.6 Qualidade do fruto**

O uso da VP através das ferramentas de segmentação permite a separação das videiras em lotes de acordo com desejo do enólogo, ou seja, ao serem identificadas manchas no vinhedo com características de solos distintas, as mesmas são subdivididas em blocos onde serão realizadas as vindimas separadamente. A segmentação da vinha permite uma melhor caracterização das diferenças existentes no nível dos componentes de cobertura, no rendimento e conseqüentemente potencializando a melhoria qualitativa aos vinhos produzidos (Sereno, 2009).

Pinto (2015) concluiu que os resultados obtidos pela divisão em duas regiões NDVI diferentes (uma alta e uma baixa) mostraram resultados positivos significativos na análise sensorial. Com a subdivisão, obtêm-se vinhos mais equilibrados. Através da análise dos resultados, foi possível determinar que esta diferença ocorreu principalmente por conta da obtenção de um vinho mais homogêneo.

A viticultura de precisão pode ajudar os produtores a entenderem melhor os seus vinhedos e a atingir os seus objetivos. O âmbito dos seus objetivos inclui alcançar uma determinada qualidade de uva, atingir um determinado rendimento e até um determinado preço. A mesma visa ainda maximizar o potencial agrícola, ao mesmo

tempo em que aumenta a produtividade, qualidade da produção e sustentabilidade ambiental. Atualmente, já é possível usar máquinas de colheita de taxa variável, permitindo a colheita seletiva de acordo com os níveis de qualidade da uva e assim garantindo uma melhor qualidade do produto final (Grizzo, 2019).

## **6. CONCLUSÃO OU CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Conclui-se que, o uso de tecnologia no campo tais como, georreferenciamento de área, conhecimento das características de solo através de análises físico-químicas, aliado a análises: vegetativas, climatológicas, biológica vegetal e animal, mostraram-se como uma alternativa eficiente para a maior produtividade aliada a qualidade do produto final, e a qualidade de vida em toda a cadeia produtiva, esta que se inicia no campo ao uso racional de agrotóxicos, percorrendo toda a cadeia produtiva até chegar ao consumidor final que recebe um produto com maior padrão de qualidade e com baixo residual de químicos nocivos à saúde humana.

A qualidade dos frutos torna-se superior devido ao conhecimento individual da estrutura e característica de cada planta em todo o parreiral, podendo assim realizar aplicações de acordo com a necessidade especificar individual, ou até mesmo o processo de colheita individualizada ou seletiva, buscando obter um maior padrão de qualidade do produto final.

Este trabalho de pesquisa foi desenvolvido após constatação da importância de maiores estudos no uso de tecnologia na viticultura. Ao avaliar a gestão da variabilidade espacial em vinhedos foi possível constatar que, a partir desse conhecimento o viticultor pode tomar medidas preventivas antecipando certos problemas causados por condições climáticas e ataque de pragas e doenças.

Diante da metodologia proposta, foi possível perceber que o trabalho poderia ser rico em informações se realizado através de uma pesquisa prática. No entanto em função de limitações por conta da pandemia não foi possível à realização do mesmo. Com isso a adaptação da pesquisa foi mais favorável a busca de informações através de referências bibliográficas.

Dessa forma este estudo permitiu compreender que a transformação digital é parte do seguimento da sociedade contemporânea. Em um mercado cada vez mais competitivo, apenas os produtores mais eficientes que apoiam-se na tomada de

decisão em sistemas informatizados conseguirão sobreviver. Não há dúvidas que no século XXI, a gestão da vinha passará pela integração de tecnologias fiáveis e calibradas, bem como pela adequada resolução do processo produtivo e das estratégias escolhidas pelo empresário, pois só assim a economia e o meio ambiente serão usados de forma sustentável.

Portanto, os produtores rurais precisam estar atualizados e buscando novos conceitos em ferramentas que surgem no mercado. É preciso lembrar também que, para garantir o sucesso da implementação, é necessário buscar conhecimentos e capacitação profissional técnica para que essas tecnologias sejam bem implantadas e gerenciadas e seus resultados mensurados adequadamente.

## 7. REFERÊNCIAS

- PENA, Rodolfo f. Alves. "Evolução da agricultura e suas técnicas"; **Brasil Escola**. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/evolucao-agricultura-suas-tecnicas.htm>. Acesso em 09 de junho de 2020.
- FRANCISCO, Wagner De Cerqueira e. "Revolução Verde"; **Brasil Escola**. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/revolucao-verde.htm>. Acesso em 11 de junho de 2020.
- MARCONI, M.A. & LAKATOS, E.M. **Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisas, elaboração, análise e interpretação de dados**. 6ª edição, São Paulo: Atlas, 2007.
- FELDENS, Leopoldo. O homem, a agricultura e a história. **Lajeado: Univantes**, 2018.
- MARTINS, G.A. & PINTO, R.L. **Manual para elaboração de trabalhos acadêmicos**. São Paulo: Atlas, 2001.
- TRENTINI, M.; PAIM, L. **Pesquisa em Enfermagem. Uma modalidade convergente-assistencial**. Florianópolis: Editora da UFSC, 1999.
- DEMO, P. Pesquisa: **Princípios científicos e educativos**. 7ª edição, São Paulo: Cortez, 2000.
- CONFORTO, Edivandro Carlos; AMARAL, Daniel Capaldo; SILVA, SL DA. Roteiro para revisão bibliográfica sistemática: aplicação no desenvolvimento de produtos e gerenciamento de projetos. In: **8º Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produto. Anais do 8º CBGDP**. 2011.
- ORTEGA, R., & ESSER, A. (2002). Viticultura de Precisión: Fundamentos, aplicaciones y oportunidades en Chile. Pontificia Universidad Católica de Chile; 1-10.
- MOLIN, J.P.; AMARAL, L.R.; COLAÇO, A.F. **Agricultura de Precisão**. 1 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.
- GRIZZO, Arnaldo. Como funciona a viticultura de precisão?: robôs, sensores, drones... como a viticultura de precisão afeta a **essência** do vinho. Revista Adega, São Paulo, p. 1-1, 11 nov. 2019. Mensal. Disponível em: <https://revistaadega.uol.com.br/>. Acesso em: 19 jan. 2021.
- BASSO, B, Sartori, L., BERTOCCO, M. **Manual de agricultura de precisión**. Conceptos teóricos y aplicaciones prácticas. 2007. MAPA-Eumedia. Madrid.
- YUSTE, J. **Viticultura de precisión: Introducción y objetivos**. 2013. Viticultura de Precision: VIII Encuentro Tecnico Madrid. Abril 2013.
- WHELAN, B. Y MCBRATNEY, A.B. **The null hypothesis of precision agriculture management**. 2000. Precision Agriculture, 2, 265-279.
- BEST, S., LEÓN, L. Y CLARET, M. **Use of precision viticulture tools to optimize the harvest of high quality grapes**. 2005. FRUTIC 05, 12. 16 September 2005, Montpellier France.

ARNÓ, J, MARTÍNEZ-CASASNOVAS, J.A., RIBES-DASI, M., ROSELL, J.R. Review. **Precision Viticulture**. Research topics, challenges and opportunities in site-specific vineyard management. 2009. Spanish Journal of Agricultural Research 2009 7(4), 779-790.

BEST, S., LEÓN, L. Y CLARET, M. **Use of precision viticulture tools to optimize the harvest of high quality grapes**. 2005. FRUTIC 05, 12. 16 September 2005, Montpellier France.

MARTIN, P., ZARCO-TEJADA, P.J. GONZALEZ, M.R. BERJON, A. **Using hyperspectral remote sensing to map grape quality in Tempranillo vineyards affected by iron deficiency chlorosis**. 2007. Vitis, 46 (1) 7-14.

CAPELLI, N.L. **Agricultura de precisão - Novas tecnologias para o processo produtivo**. LIE/DMAQAG/ FEAGRI/UNICAMP, 1999.

BRAGA, Ricardo, & AGUIAR, Pedro Pinto. "**Agricultura de precisão: adoção & principais obstáculos**." (2011).

REYNALDO, F. E. **Avaliação de controlador automático de seções e pulverização**. Dissertação (Mestrado). USP Universidade de São Paulo escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Piracicaba, 2009. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11148/tde-13102009-143314/pt-br.php>> Acesso em: 01/02/2021.

LUCHETTI, Alexandre. **Utilização de drones na agricultura: impactos no setor sucoalcooleiro**. Ciências Aeronáuticas-Unisul Virtual, 2019.

BLOG.JACTO, 2020. **Internet das Coisas na agricultura: entenda como é aplicado na prática**. Disponível em: <<https://blog.jacto.com.br/internet-das-coisas-na-agricultura/>>. Acessado em: 02 de fev. de 2021.

PINTO, Mariana Cavaca De Oliveira. **Viticultura de Precisão: Avaliação da variabilidade espacial da produtividade e qualidade na casta Touriga Nacional no Alentejo**. 2015. Tese de Doutorado. ISA/UL.

SERENO, Pedro Miguel Valério Marques. **Viticultura de precisão: utilização da detecção remota no estudo da variabilidade espacial do vigor, produção e qualidade, castas Syrah e Touriga Franca**. 2009. Tese de Doutorado.