

**Universidade de Évora - Escola de Ciências e Tecnologia Universidade
Nova de Lisboa - Faculdade de Ciências e Tecnologias**

Mestrado em Tecnologias em Agricultura de Precisão

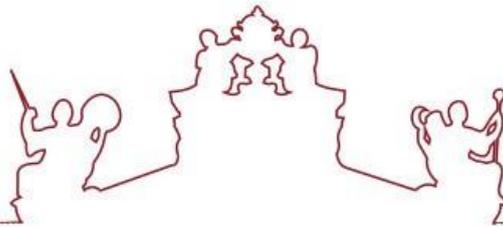
Dissertação

**Serviços dos ecossistemas em vinha para produção de vinho:
Pegadas de CO₂, Água, Poluição Difusa e Biodiversidade**

Manuel Maria Rossi Gouveia Pereira Verdasca

Orientador(es) / José Rafael Silva

Évora 2024



**Universidade de Évora - Escola de Ciências e Tecnologia Universidade
Nova de Lisboa - Faculdade de Ciências e Tecnologias**

Mestrado em Tecnologias em Agricultura de Precisão

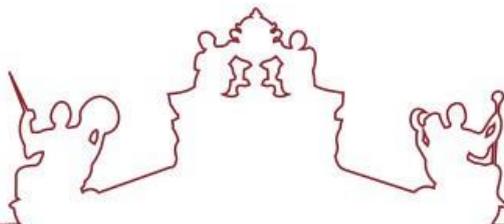
Dissertação

**Serviços dos ecossistemas em vinha para produção de vinho:
Pegadas de CO₂, Água, Poluição Difusa e Biodiversidade**

Manuel Maria Rossi Gouveia Pereira Verdasca

Orientador(es) / José Rafael Silva

Évora 2024



A dissertação foi objeto de apreciação e discussão pública pelo seguinte júri nomeado pelo Diretor da Escola de Ciências e Tecnologia:

Presidente | Adélia Sousa (Universidade de Évora)

Vogais | António Fernando Dias (Universidade de Évora)

José Rafael Silva (Universidade de Évora) (Orientador)

Agradecimentos

Primeiramente queria agradecer ao meu orientador, José Rafael Silva a ajuda dada ao longo do mestrado, ajuda que foi fundamental para me esforçar sempre mais,

Queria agradecer aos meus colegas de turma, quer da licenciatura quer do mestrado por tornarem a “escola” e o estudo em algo divertido,

Agradecer também a oportunidade que tive de fazer Erasmus, que me permitiu abrir os meus horizontes e sobretudo aprender que por vezes, o nosso limite somos nós próprios,

Por fim quero agradecer a minha família, onde incluo os meus amigos, por todo o auxílio, pelas palavras de encorajamento, pelas palavras carinhosas e sobretudo, por serem quem são e pela importância que têm para mim,

Obrigado.

Serviços dos ecossistemas em vinha para produção de vinho: Pegadas de CO₂, Água, Poluição difusa e biodiversidade

Resumo

A atualidade remete para um cenário em que as secas são cada vez piores, as temperaturas aumentam de ano para ano e a população não para de aumentar, a ritmos acelerados. Como será possível alimentar a população e quais os impactos ambientais associados á produção de alimento?

Este trabalho teve como objetivo calcular emissões de gases com efeito de estufa de modo que no futuro, as emissões destes gases sejam também vistas como uma vertente da produção final, sendo cada vez mais importante também para o agricultor a sua responsabilidade ambiental.

Neste estudo pretendeu-se conhecer a dinâmica de produção de uva de uma empresa no norte de Itália, desde o abrolhamento até à colheita da uva, tendo sido emitidas cerca de 100,76 toneladas de dióxido de carbono equivalente para a atmosfera em 107,07 hectares.

Palavras-chave: Viticultura; Ecossistemas; Agroecologia, Conservação; Carbono

Ecosystem services in vineyards for wine production: CO₂, water, diffuse pollution and biodiversity footprints

Abstract

The current situation points to a scenario in which droughts are increasingly worse, temperatures increase from year to year and the population continues to increase at an accelerated rate. How are we going to feed the population and what are the environmental impacts associated with food production?

This work aimed to calculate greenhouse gases emissions so that in the future, emissions of these gases are also seen as an aspect of final production, with their environmental responsibility also becoming increasingly important for the farmer.

This study aimed to understand the dynamics of grape production in a company of northern Italy, from bud burst to grape harvest, with around 100,76 tonnes of equivalent carbon dioxide being released to the atmosphere in 107,07 hectares.

Keywords: Viticulture; Ecosystems; Agroecology, Conservation, Carbon

Índice

Agradecimentos.....	i
Resumo.....	ii
Abstract	iii
Índice de tabelas.....	vi
Índice de Figuras	vii
Abreviaturas	viii
1- Introdução	1
1.1- G. D. VAJRA.....	2
2- Enquadramento Teórico.....	4
2.1- Videira	4
2.1.1- Aspetos botânicos da videira.....	4
2.2 - Setor Vitícola de Piemonte	5
2.3-Viticultura heroica	6
2.4- Viticultura e Alterações Climáticas	6
2.4.1- Consequências do aumento da temperatura na maturação.....	7
2.4.2- Consequências do aumento da temperatura na produção de uva.....	8
2.4.3- Consequência da acumulação de CO ₂ na atmosfera na viticultura	8
2.5 - Pegada de Carbono	9
2.5.1- Viticultura e Pegada de Carbono	10
2.6- GEE em viticultura	11
2.6.1- Óxido Nitroso (N ₂ O).....	12
2.6.2- Dióxido de carbono (CO ₂)	13
2.6.3- Metano (CH ₄).....	14
2.7 - Agricultura e Viticultura biológica	15
2.8- Compostagem	15
2.9 - Normalized difference vegetation index (NDVI)	16
3- Materiais e Métodos.....	18
3.1- Clima de <i>Barolo</i>	18
3.2- Local de estudo	18
3.3- Recolha de dados	21
3.4- Cálculo de emissões dos gastos de diesel	22
3.5- Cálculos para emissões provenientes da aplicação de composto.....	23
4- Discussão e Resultados	25
4.1 – Resultados das emissões por Zona de Gestão e por tonelada de uva	31

4.1.1- Redução nas emissões de CO ₂ na vinha	34
4.2- Resultados de emissões relativas a aplicação de composto	34
4.2.1- Redução das emissões de CO ₂ eq. das aplicações de composto	35
4.3-Emissões por Tonelada de uva.....	37
4.4 – Relação entre produtividade (€/parcela) e emissões por kg de uva.....	42
4.5 - Viticultura e biodiversidade	47
4.6 - Comparação entre <i>Barolo</i> e o Alentejo (GWP)	48
5 – Conclusão.....	52
6 - Referências Bibliográficas	53
7-Apêndices.....	60

Índice de tabelas

Tabela 1.1 - Pegada de carbono (KgCO ₂ eq./0,75 L de vinho)	2
Tabela 2.1-Efeitos da temperatura na fisiologia e qualidade da uva.....	7
Tabela 2.2 -Atividades emissoras de GEE.....	11
Tabela 2.3 - Emissões de N ₂ O/ha.....	12
Tabela 3.1 - Dados climáticos de <i>Barolo</i>	18
Tabela 3.2 - Tabelas de recolha de dados, em <i>Monte D'alba</i>	22
Tabela 3.3 – Litros de gasóleo gastos por hectare, por zona de gestão.....	22
Tabela 3.4 – Cálculo de CO ₂ eq. dos gastos em diesel, no ano de 2022.....	23
Tabela 3.5 - Dados colhidos relevantes ao cálculo das emissões ligadas à aplicação de composto	24
Tabela 4.1 - Emissões de CO ₂ eq. (ZG e ton. de uva).....	33
Tabela 4.2 - pH do solo.....	38
Tabela 4.3 - Cálculo de emissões por quilo de uva (<i>Novello</i>).....	40
Tabela 4.4- Cálculo de emissões por quilo de uva (<i>Barolo</i>).....	41
Tabela 4.5 – Cálculo de emissões de kg.CO ₂ eq/kg.uva (<i>Dogliani</i>).....	44
.....	45
Tabela 4.7 – Coordenadas dos pontos de amostragem.....	47
Tabela 4.8 - Nº de espécies observadas, por zona de estudo.....	49
Tabela 4.9 - Parcelas de vinha da empresa.....	49

Índice de Figuras

Figura 1.1- Emissões de gases poluentes em Portugal	1
Figura 1.2 - Logótipo da empresa <i>G.D. VAJRA</i>	3
Figura 1.3 – Piemonte (zona a vermelho)	8
Figura 3.1 - Localização espacial das parcelas.....	20
Figura 3.2 – Modelo Digital do Terreno (<i>Vergne</i>).....	20
Figura 3.3 - Carta de declives (<i>Vergne</i>).....	21
Figura 3.4 - Orientação das encostas (<i>Vergne</i>).....	21
Figura 4.1 - Dados relativos a produções e áreas totais por ZG.....	26
Figura 4.2 - NDVI (relatório histórico para o ano de 2022).....	27
Figura 4.3 - Declive percentual (<i>Farigliano</i>).....	28
Figura 4.4 - Carta de declive booleana (<i>Farigliano</i>).....	28
Figura 4.5 - Carta booleana de NDVI (<i>Farigliano</i>).....	29
Figura 4.6 - Viticultura Heroica (<i>Farigliano</i>).....	30
Figura 4.7 – Orientação das encostas (<i>Farigliano</i>).....	30
Figura 4.8 - Relação entre produção (kg/ha) e valor de NDVI médio para todas as ZG.....	32
Figura 4.9 - Correlação entre NDVI e produção (<i>Dogliani, Barolo, Vergne, Novello</i>) - 10 de julho de 2022.....	32
Figura 4.10 - emissões por hectare, por zona de gestão, no âmbito de cálculo das emissões por parcela dos gastos de diesel.....	34
Figura 4.11 – Emissões de CO ₂ eq. provenientes do gasto em diesel, em função da área.....	35
Figura 4.12 - Emissões de CO ₂ eq. através da fertilização.....	36
Figura 4.13 – Mapa VRT (<i>Novello</i>).....	37
Figura 4.14 - Disponibilidade de nutrientes e ph do solo	39
Figura 4.15 – Kg.CO ₂ eq por Kg de uva (<i>Novello</i>).....	39
Figura 4.16 – Kg.CO ₂ /kg de uva (<i>Barolo</i>).....	40
Figura 4.17 - VRT (<i>Barolo</i>).....	42
Figura 4.18 - Emissões, por parcela, de CO ₂ eq por kilo de uva.....	43
Figura 4.19 - Relação entre o rendimento por parcela (€/parcela) e as emissões por tonelada de uva (€/ (9gCO ₂ eq/kg uva)) (<i>Dogliani</i>).....	44
Figura 4.20 - Mapa demonstrativo da relação entre rendimento e emissões (<i>Vergne</i>).....	45
Figura 4.21 - Relação entre os kg.Co ₂ eq/Kg.uva e rendimentos por parcela (<i>Vergne</i>).....	46
Figura 4.22 - VRT (<i>Barolo</i>).....	47
Figura 4.23 - Declive (<i>Évora</i>).....	51

Abreviaturas

Ca – Cálcio

CH₄ – Metano

CO₂ – Dióxido de carbono

CO₂eq. – Dióxido de carbono equivalente

FAO – Food and agriculture organization

GEE – Gases com efeito de estufa

GWP - Potencial de aquecimento global

K – Potássio

KML – Keyhole Markup Location

LAI – Leaf area index

LCA – Life Cycle Assessment

NDVI – Normalized difference vegetation index

M.O – Matéria orgânica

MS – Matéria seca

MDT – Modelo digital do terreno

N – Azoto

N₂O – Óxido Nitroso

OE- Orientação das encostas

P – Fósforo

PC – Pegada de carbono

VRT – Variable rate technology

WUE – Water use efficiency

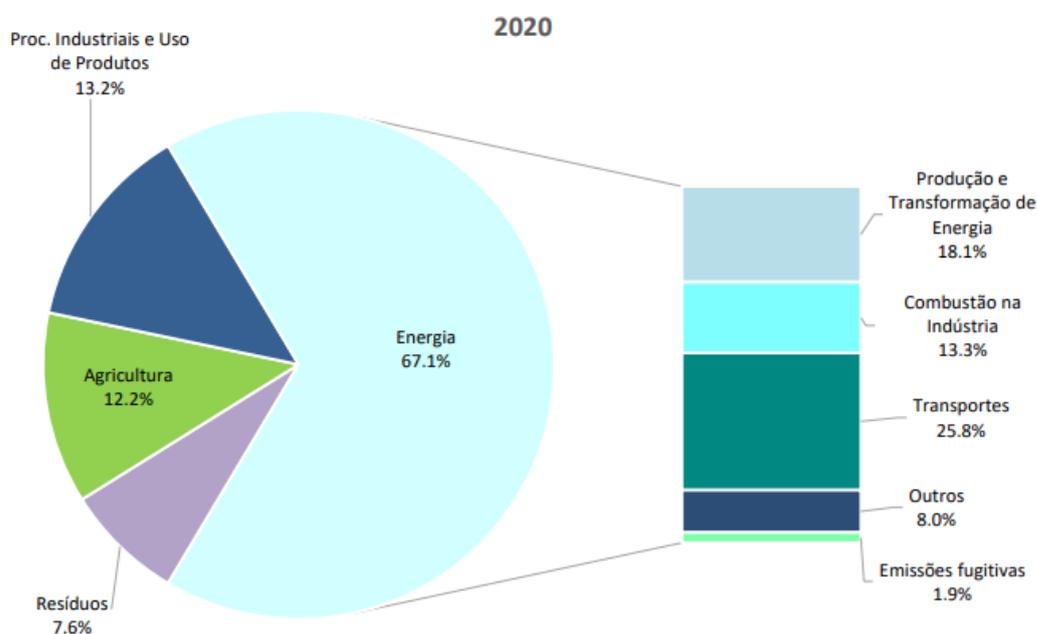
ZG – Zonas de Gestão

ZHG - Zonas homogéneas de gestão

1- Introdução

Uma das maiores problemáticas da atualidade é o aquecimento global. Sabe-se que um dos maiores potenciadores do mesmo é a emissão de gases com efeito de estufa (GEE). Quando falamos em GEE, estamos a falar de gases como o dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), entre outros.

De acordo com dados da FAO (*Food and Agriculture Organization*), as emissões globais de gases na agricultura correspondiam a 9.3 biliões de toneladas de CO₂ equivalente (CO₂eq.), em 2018. CO₂eq. é a unidade de medida utilizada para indicar o potencial de aquecimento global (GWP) dos GEE. O dióxido de carbono é o gás de referência em relação a qual todos os outros GEE são medidos (APA., 2020). Em 2010, concluiu-se que somente o setor agrícola e todas as suas envolventes eram responsáveis por 24,1% das emissões de gases poluentes para a atmosfera (EPA., 2024). No caso relativo a Portugal, dados de 2020 apontam que o setor agrícola é responsável por 12,2 % dos GEE emitidos para a atmosfera (Figura 1.1).



Fonte: Agência Portuguesa do Ambiente, 2023

Figura 1.1 - Emissões de gases poluentes em Portugal

Atualmente a área agrícola usada para a viticultura representa 7% da área

agrícola nacional, sendo assim o sétimo país com maior área de vinha no mundo (Marques *et. al.*, 2018).

Para efetuar a análise às emissões de GEE são calculadas as pegadas de carbono. Para efetuar o cálculo destas pegadas, tem-se em conta o carbono libertado ao longo do ciclo cultural, neste caso na vinha para vinho, quer seja ele proveniente do diesel gasto, quer da eletricidade, quer dos fertilizantes. Analisando algumas pegadas carbónicas de viticultura, verificamos que na Austrália, a pegada carbónica corresponde a 1.6 milhões de toneladas de CO₂eq em 2017, o que equivale entre 0,6 a 1,4 kgCO₂eq./L. Apresentam-se seguidamente em tabela várias pegadas de carbono de alguns países (Tabela 1.1):

Tabela 1.1 - Pegada de carbono (KgCO₂eq./0,75 L de vinho)

Autor	Pegada de Carbono kgCO₂eq/0.75L de vinho	País
Vázquez-Rowe et al., 2013	0,11-1,61	Itália, Espanha e Luxemburgo
Laca et al., 2021	1,42	Espanha
Neto et al., 2013	2,0	Portugal
Taylor's., 2018	0,30-0,33	Portugal
Bosco et al., 2011	0,10-0,33	Itália
Point et al., 2012	0,8	Canadá

Fonte: Silva et al., 2022

Como poderemos então determinar e mitigar a emissão de gases? É essa a questão que queremos responder, através do uso de boas práticas agrícolas e das mais recentes tecnologias existentes. Para ajudar a responder a esta pergunta tive a ajuda da empresa italiana *G.D. Vajra*, empresa na qual tive oportunidade de estagiar durante o meu programa *Erasmus+*.

1.1- G. D. VAJRA

A empresa na qual o estudo está inserido chama-se *G.D. VAJRA*. É uma empresa familiar fundada em 1972, por *Aldo Vaira*, que está inserida no município de *Barolo*, em *Piemonte*.

G.D. VAJRA (Fig. 1.2) é uma empresa ligada à produção de vinho, detendo então uma área de 140 hectares numa zona inserida em património mundial da *UNESCO*. Todas as parcelas da empresa são cultivadas de forma orgânica/biológica. Um dos princípios da empresa é a sustentabilidade ambiental e respeito pela biodiversidade, de tal forma que Aldo Vaira foi um dos pioneiros da agricultura biológica na zona de *Piemonte*.

Na empresa são produzidos vários tipos de vinho, para além do famoso vinho de *barolo*. A gama de vinhos *Vajra* é focada em vinhas nativas como as tradicionais *Nebbiolo*, *Dolcetto*, *Barbera*, *Freisa*, e também enriquecidas por vinhas internacionais de maturação precoce como *Riesling* e *Pinot Noir*. Atualmente a produção anual de vinho ronda as 350.000 garrafas.



Fonte: gdVajra.it

Figura 1.2 - Logotipo da empresa *G.D. VAJRA*

2- Enquadramento Teórico

2.1- Videira

A videira é uma espécie bem-adaptada às condições mediterrânicas e os seus ritmos de desenvolvimento exprimem-se numa regular alternância de períodos com e sem crescimento. Durante o período de vegetação ativa, (...), a planta realiza novos crescimentos e manifesta a sua fertilidade pelo aperfeiçoamento dos órgãos de reprodução (...) (Araújo., 1982).

A fase dos crescimentos anuais, que em poucos meses se concretizam, significa acima de tudo a formação de estruturas permanentes que possibilitam à planta renovação periódica. São constituídos novos órgãos que crescem ao mesmo tempo que se armazenam os princípios elaborados que servirão de reservas para consumir no futuro abrolhamento e garantir o atempamento. Após o completo atempamento das varas do ano e a constituição de escamas protetoras dos gomos a planta entra em dormência, podendo então dizer-se que se completou o ciclo anual (Araújo., 1982).

Esta alternância de períodos com ou sem crescimento, mais nítido numas plantas que noutras, é própria das espécies perenes e pode considerar-se uma adaptação hereditária às condições do meio, nomeadamente à sucessão regular dos dias e das noites, às estações frias, quentes e intermédias do ano e aos períodos de seca ou de chuva (Araújo., 1982).

2.1.1- Aspetos botânicos da videira

A videira, *Vitis vinifera* L., pertence à família *Vitaceae* que engloba 12 géneros e 700 espécies distribuídas pelas regiões tropicais, subtropicais e algumas regiões temperadas (Schleier., 2004).

Em botânica a videira está classificada num dos mais importantes grupos, as *Cormofitas* (plantas com raiz, caule e folhas, autotróficas, com clorofila e reprodução sexual, além de vegetativa), Tipo *Espermatófitas* (plantas com flores e sementes), Subtipo *Angiospérmicas* (plantas com sementes encerradas num ovário), Classe *Dicotiledóneas* (com 2 folhas embrionárias na base da plântula), Ordem *Ramnales* (plantas lenhosas com um só ciclo de estames na dianteira das pétalas), Família *Vitáceas* (flores com corolade sépalas soldadas superiormente, cálice pouco desenvolvido, gineceu geralmente bicarpelar e bilocular, com fruto e bago) e Género

Vitis (com flores exclusivamente dióicas nas espécies silvestres e hermafroditas ou unissexuais nas espécies cultivadas) (Hidalgo., 1993). As plantas do género *vitis* são lenhosas trepadeiras, de porte arbustivo, com gavinhas que se inserem nas fendas da estrutura de suporte da videira, devido ao fototropismo negativo, intumescendo uma vez inseridas, mantendo a planta erguida (Schleier., 2004).

2.2 - Setor Vitícola de Piemonte

Em Itália, o cultivo de uva para vinho está espalhado por quase todas as regiões do país, estando principalmente concentrado nas seguintes regiões: *Puglia*, *Toscana* e *Piemonte*. Com cerca de 44 mil hectares de vinha, *Piemonte* (Fig. 2.1) é a sexta região mais extensa, e anualmente são produzidos 2,6 milhões de hectolitros nas cerca de 20.000 adegas. (...). Em termos de valor de produção de vinho, *Piemonte* é a 4ª região mais valiosa com quase 460 milhões de euros, precedida por *Veneto* (900 milhões), *Puglia* (600 milhões) e *Toscana* (500 milhões) (Eleonora *et al.*, 2020).



Fonte:Wikipedia

Figura 2.1 – Piemonte (zona a vermelho)

A geografia da região Piemontesa, por exemplo, orografia e características morfológicas, é um fator fundamental para a identidade do vinho e produção de numerosos tipos de vinho, graças em particular à criação de microclimas nas diferentes áreas de produção (montanha, Alpes e pré-Alpes). Os vinhos piemonteses, com rara exceção, são monovarietais. Em Piemonte começaram os 1ºos exemplos de zoneamento de áreas vitícolas, definindo conceitos como terroir e cru: um vinho específico é produzido exclusivamente com uvas de uma única vinha/parcela cujo nome aparece no

rótulo (Corinto & Pioletti., 2019).

A região *DOGC* de *Barolo* (denominação de origem controlada e garantida), zona de património mundial da UNESCO, é “casa” de 11 notáveis vilas: *Barolo, Castiglione, Cherasco, Diano D'alba, Falletto, Grinzane Cavour, La Morra, Monforte d'alba, Novello, Roddi, Serralunga d'Alba e Verduno*. O solo, a localização e as diferenças de altitude permitem cada vila criar expressões distintas de *Barolo DOGC* (Michelle., 2021).

Zona de *Piemonte* em números, Cervim (2006).:

. Área total de vinha – 46.000 ha

. Área de vinha em terrenos difíceis (altitude, encostas) – 1435.5 ha

. Área com declives superiores a 30% (ha) – 971ha

. Área com altitude sup. a 500 m acima do nível da água do mar – 297 m

2.3-Viticultura heroica

De acordo com os dados apresentados anteriormente, existem na zona de Piemonte cerca de 297 ha a 500 metros acima do nível das águas do mar e 971 ha de vinha com declives acima dos 30%. Quando se produz vinho em vinhas inseridas numa determinada zona com ambas estas condições, usa-se o termo de viticultura heroica.

Neste contexto, o cultivo é dificilmente mecanizável e, por consequência, o custo de produção de uva é maior dado que a maioria das atividades agrícolas são feitas à mão segundo práticas agrícolas tradicionais (Aurora *et al.*, 2021).

2.4- Viticultura e Alterações Climáticas

Um dos objetivos deste estudo é estudar os impactos da viticultura no ambiente. Durante o séc XXI, mais precisamente na última década, aborda-se muito a temática do aquecimento global. A viticultura é um dos setores agrícolas com maior importância económica em zonas de clima Mediterrânico (Costa *et al.*, 2016).

Diversos manuscritos científicos têm reportado os impactos das alterações

climáticas no setor vitícola e os primeiros relatórios começaram a ser publicados no início do séc. XXI (Easterling *et al.*, 2000; Parmesan & Yohe., 2003). Durante esta década, os artigos mais citados no tema, especialmente os publicados por Schultz (2000) e Jones *et al.*, 2005, descobriram que a temperatura média no ciclo de vida da videira de 1950 a 1999 tem aumentado na maioria das zonas vitícolas.

As alterações climáticas têm afetado também a distribuição de variedades de vinha em diferentes regiões vitivinícolas (Alonso & O'Neill., 2011; Battaglini *et al.*, 2009; Mozell & Thachn., 2014). A produtividade da vinha e a qualidade da uva são as maiores preocupações na viticultura dado que determinam diretamente o lucro do viticultor. Para além do facto que ambas as variáveis dependem da genética da variedade, é sabido que as condições ambientais e práticas culturais afetam os componentes da produção e a composição do fruto (Keller., 2020).

2.4.1- Consequências do aumento da temperatura na maturação

Muitas zonas vitícolas tradicionais estão a ser ou irão ser afetadas pelas alterações climáticas (Jones *et al.*, 2005). As melhores condições para produção de vinho são geralmente atingidas quando as uvas completam o amadurecimento a temperaturas de 25 a 30°C, temperaturas estas que são suficientes para atingir uma maturação ótima, mas não demasiado (>30°C) (van Leeuwen & Seguin., 2006). À medida que as temperaturas aumentam, as uvas amadurecem mais cedo (van Leeuwn & Seguin., 2006; Guitiérrez-Gamboa *et al.*, 2018). Posto isto, os viticultores têm de adaptar a esta difícil situação atrasando a fenologia da videira de modo a atingir a colheita em alturas menos quentes. Diferentes autores por todo o mundo reportaram estados fenológicos a serem atingidos mais cedo, incluindo a colheita (Schultz., 2000; Jones *et al.*, 2005; Fraga *et al.*, 2016; Ramos & Martínez de Toda., 2020). De seguida será mostrada uma tabela com os efeitos do aumento da temperatura na videira (Tabela 2.1):

Tabela 2.1-Efeitos da temperatura na fisiologia e qualidade da uva

Temperatura	Efeitos na fisiologia e qualidade da uva
>55°C	Morte da planta
>40°C	Seca total ou parcial das folhas e uvas Disrupção das membranas e degradação de proteínas
>35°C	Danos na taxa fotossintética e degradação das antocianinas na uva
>30°C	Descida de síntese de antocianinas e aumento da sua degradação
>25°C	Descida da síntese dos compostos voláteis e aumento da sua volatilização
>20°C	Descida da síntese de compostos voláteis e aumento da volatilização em uvas de variedades brancas

Fonte:(Gutierrez-Gamboa et al., 2019)

2.4.2- Consequências do aumento da temperatura na produção de uva

A produção de uva depende do nº de bagos por videira, o número de cachos por gomo (fertilidade dos gomos), nº de bagas por cacho e do peso dos bagos (Keller., 2020). O nº de bagos por videira é manualmente determinado pela severidade da poda, contudo todos os outros componentes são dependentes do ambiente e das interações do genótipo (Gutierrez-Gamboa *et al.*, 2019).

Temperaturas extremas durante a iniciação floral (>35°C) podem tornar os gomos inférteis (Zheng *et al.*, 2017; Keller., 2020). Temperaturas diurnas de 35 a 40°C durante a floração reduzem a fertilidade dos óvulos que resulta em menos bagos por cacho (Greer & Weston., 2010). A floração é influenciada pela temperatura, e no caso de altas temperaturas (>35°C), a produção final pode cair cerca de 27% (Pagay & Collins., 2017).

2.4.3- Consequência da acumulação de CO₂ na atmosfera na viticultura

A concentração de CO₂ atmosférico irá provavelmente aumentar o potencial de fotossíntese da copa, aumentando a produtividade da videira (Schultz., 2000; Palliotti *et al.*, 2014). Uma maior concentração de CO₂ pode melhorar a eficiência de uso da água (WUE) da vinha, que poderá beneficiar a produção em zonas áridas ou semiáridas (Schultz., 2000; Gutierrez-Gamboa *et al.*, 2018). Pesquisa recente conduzida por

enriquecimento com dióxido de carbono ao ar livre mostrou efeitos significantes em alguns parâmetros durante o crescimento vegetativo como produtividade primária, fertilidade dos gomos e potencial produtivo (Santos et al., 2020). O teor elevado de CO₂ estimulou o crescimento, a produção, condutância estomática e transpiração nas castas *Riesling* e *Cabernet Sauvignon*, enquanto que durante o desenvolvimento do bago, um maior teor de CO₂ resultou num maior peso do bago e não afetou a qualidade do fruto (Wohlfahrt et al., 2020). Estes resultados mostraram uma dependência da cultivar em reposta ao aumento do teor de dióxido de carbono, em termos de fertilidade dos gomos. Uma maior WUE (assimilação líquida CO₂/condutância estomática) pode ter implicações críticas para a adaptação futura da viticultura de sequeiro contra o aumento de temperatura e períodos de défice de chuva.

2.5 - Pegada de Carbono

Nos últimos anos, a sustentabilidade na produção de vinho tem-se tornado relevante devido ao interesse do consumidor no perfil ambiental dos produtos alimentares (Pomarici & Vecchio., 2014; Plank & Teichmann., 2018). Como resultado, vários programas de produção sustentável têm sido implementados na indústria do vinho a nível global (Remaud et al., 2012). O foco tem-se centrado em aspetos ambientais (Remaud et al., 2012; Szonolki., 2013) tais como a água (uso e qualidade), resíduos (orgânicos e inorgânicos), uso de energia e emissão de GEE, uso de químicos, uso do solo e impacto nos ecossistemas. Tem havido um esforço para melhorar e promover o uso de análise de ciclo de vida ou Life Cycle Assessment (LCA), no qual são usados 16 indicadores para avaliar o impacto da produção. A aplicação deste método em diferentes produtos agroalimentares (Iribarren et al., 2011; Fantin et al., 2014; Rinaldi et al., 2014) pode ser encontrada em literatura, mas não no caso do vinho. Contudo existe uma moda a nível global para simplificar (Bala et al., 2010; Baitz et al., 2013) num único indicador: a pegada de carbono.

A pegada de carbono (PC) é um indicador padrão universal de emissão de gases com efeito de estufa que mede o impacto ambiental de atividades humanas em termos de emissão de GEE, expresso em dióxido de carbono equivalente (Weidema et al., 2008; Roos et al., 2013). Em detalhe, este indicador é calculado pela multiplicação das emissões dos diferentes GEE associado com os vários fatores de produção para a caracterização de um fator, o potencial de aquecimento global (GWP) (D'ammario et al., 2021).

A PC é frequentemente usada em diversos setores, incluindo o setor da construção e agro-alimentar com uma grande amplitude de aplicações (por ex: Bailis *et al.*, 2015; Jones & Kammen, 2011; Meier *et al.*, 2015; Pergola *et al.*, 2017) para análises ambientais e de sustentabilidade. A cadeia de valor do vinho tem impacto em termos de PC; de facto, contribui para cerca de 0,3% no total anual de emissões de GEE (Rugani *et al.*, 2013).

2.5.1- Viticultura e Pegada de Carbono

A produção de vinho pode ser dividida em 2 fases: parte agrícola e parte industrial. A fase agrícola engloba as emissões de GEE das atividades de inverno (pré poda e poda) e de verão, plantações, preparação de solo, fertilização, aplicação de produtos fitossanitários, uso máquinas agrícolas, colheita da uva e respetivo transporte até à adega (Neto *et al.*, 2013) enquanto a fase industrial engloba a vinificação, engarrafamento, distribuição e gestão de resíduos (Bosco *et al.*, 2012). Diversos estudos usaram a análise da PC (Colman & Paster., 2007; Smyth & Russell., 2009; Cholette & Venkat., 2009; CSWA, 2009, Smart *et al.*, 2009; Bosco *et al.*, 2011; Pattara *et al.*, 2012; Rugani *et al.*, 2013; Vázquez-Rowe *et al.*, 2013), contudo, poucos estudos apenas analisaram uma única fase da produção.

Na produção de vinho, reconheceu-se que a fase agrícola contribui entre 17% (Rugani *et al.*, 2013) a 40% (Benedetto, 2013; Neto *et al.*, 2013) das emissões de GEE. Estudos indicam que o uso de pesticidas, fertilizantes e consumo de diesel são as maiores fontes de GEE na cadeia do vinho (Niccolucci *et al.*, 2008; Pizzigallo *et al.*, 2008; Bosco *et al.*, 2011; Point *et al.*, 2012; Benedetto, 2013, Rugani *et al.*, 2013; Fusi *et al.*, 2014). Contudo a determinação da PC na fase agrícola não é fácil (...) derivado de diferentes ecossistemas, condições climáticas, textura do solo, práticas agrícolas, e variedades de uva (Rugani *et al.*, 2013). Durante anos tem havido esforços acrescidos por organizações de diferentes setores para desenvolver guias e aproximações para contagem e reportagem de PCs a um nível industrial. Por exemplo, a FIVS (Federation Internationale des Vins et Spiritueux) fornece orientações para reportar e contabilizar as emissões de GEE no setor vitícola a nível internacional (FIVS., 2018). Após definir fronteiras operacionais, as diretrizes FIVS recomendam que as emissões de GEE sejam definidas em 3 tipos:

. Tipo1 - Correspondem a emissões diretas que resultem de itens controlados pela empresa, nomeadamente emissões diretas associadas a produção de calor e vapor, combustão de combustíveis fósseis

. Tipo2 - Correspondem a emissões indiretas de carbono de gastos em eletricidade

. Tipo 3 – Relacionado com emissões indiretas de carbono associadas com o uso de por exemplo, produtos fitossanitários

Os autores Gierling & Blake (2021) tentaram perceber a diferença entre emissões de GEE entre terrenos inclinados e planos. Neste estudo, realizado no vale de *Rhine*, na Alemanha os autores chegaram a conclusão de que se emitia menos CO₂ equivalente nas zonas de terreno mais inclinado. Mas porquê? De acordo com Gierling & Blake (2021), nas zonas com declive, é mais difícil de trabalhar com tratores, sendo então o trabalho feito manualmente. Em termos de emissões estas foram algo diferentes. Nas zonas com maior inclinação as emissões rondam os 2990KgCO₂eq./ha enquanto nas zonas planas estas correspondem a 4046KgCO₂eq./ha. Logo o trabalho manual, por estar associado a uma menor quantidade de emissões, deveria ser mais bem remunerado.

2.6- GEE em viticultura

Os gases que mais têm relevância no contexto da viticultura são o dióxido de carbono, o óxido nitroso e o metano. De forma a calcular o total de gases emitidos, no caso da viticultura usa-se a seguinte fórmula:

$$\text{GWP (100)} = \text{CO}_2 \times 1 + \text{CH}_4 \times 25 + \text{N}_2\text{O} \times 298 \text{ (Wu \& Mu., 2019)}$$

Surgem os números 25 e 298 pelo facto de que 1 tonelada de CH₄ (metano) equivale a 25 toneladas de CO₂eq. e 1 tonelada de N₂O (óxido nitroso) equivale a 298 toneladas de CO₂eq. De seguida será mostrada uma tabela referente às principais fontes de emissão por GEE (Tab. 2.2).

Tabela 2.2 -Atividades emissoras de GEE.

Atividades emissoras de GEE	Gases em questão
Respiração da vinha e fotossíntese	
Mobilização do solo	CO ₂
Combustão de combustíveis fósseis	
Degradação anaeróbica da matéria orgânica	CH ₄
Uso de fertilizantes	
Transformação de compostos de azoto no solo	N ₂ O

Fonte: OIV (2015)

2.6.1- Óxido Nitroso (N₂O)

O óxido nitroso é um gás que retarda a energia da insolação absorvida pela terra, impedindo que esta seja refletida de novo para o espaço (Myhre *et al.*, 2015). O teor de N₂O no solo provém dos processos naturais de nitrificação e desnitrificação (Bremner., 1997), estando as emissões de óxido nitroso relacionadas com o teor de carbono no solo (Li *et al.*, 2015).

A nitrificação é um processo aeróbico em que, por sucessivas oxidações o amoníaco passa a nitrato, sendo este processo afetado pela temperatura e humidade do solo por um fator de 3,6 por cada 10°C, num intervalo de 5 a 25°C (Chen *et al.*, 2010). A desnitrificação é o processo anaeróbico em que o nitrato é reduzido a N₂O e N₂. A taxa de desnitrificação depende de vários fatores como ph do solo, teor de carbono do solo entre outros (Dalal., 1998).

Quando falamos nas emissões de óxido nitroso, além de em quantidade serem pouco relevantes, sabe-se que 1kg de NO₂ equivale a 298Kg de CO₂ (Cassman *et al.*, 2002), o que é problemático. As emissões de N₂O no setor vitícola estão relacionados com a condução e manejo da cultura, com o tipo de solo e com a quantidade de azoto aplicado por ano. Certos estudos evidenciam uma relação entre a alta humidade do solo e a temperatura do ar, sendo estes potenciadores de emissões de N₂O (Dobbie and Smith., 2010; Sehy *et al.*, 2003; Horváth *et al.*, 2010).

As emissões de N₂O tendem a aumentar em resposta a aplicações de azoto (Shcherbak *et al.*, 2014; Li *et al.*, 2015). No contexto das aplicações azotadas, se forem feitas em excesso, podem ter efeitos negativos para a planta. Se for aplicado demasiado azoto no solo, a fertilidade dos gomos diminui, e como consequência, a qualidade da uva é pior. Aplicações excessivas em azoto também tornam a planta da videira mais suscetível a ataques de pragas e doenças (Hawk & Martinson., 2007), o que levará o

produtor a gastar mais gásóleo, potenciando assim maiores emissões de CO₂eq.

No que toca ao solo, o que afeta as emissões de N₂O são as mobilizações de solo, pela destruição dos agregados do mesmo. A destruição dos agregados do solo leva a que os microorganismos do solo se alimentem da matéria orgânica do mesmo (Zhang *et. al.*, 2021). Todavia, os resultados relativos a medições de emissões de óxido nitroso em viticultura são algo diferentes, como será mostrado na seguinte tabela (Tab. 2.3):

Tabela 2.3 - Emissões de N₂O/ha.

Autor	Emissões de N ₂ O (kg/ha)
Xie et al. (2014)	44,3
Zhang & Niu (2016)	29,9
Zhang et al. (2018)	13,5

Fonte: Zhang et. al (2021)

De notar que estas variações de emissão de N₂O poderão estar relacionadas com diferentes aplicações de azoto, com a variação das medidas de emissões, com as propriedades físico-químicas do solo, entre outros fatores.

2.6.2- Dióxido de carbono (CO₂)

Além de o dióxido de carbono ser essencial à vida na terra, quanto maior for a concentração de CO₂ na atmosfera, maior é o efeito de estufa, havendo assim um aumento das temperaturas do planeta. Em termos práticos, o solo tem a capacidade de reter carbono proveniente da atmosfera, quer seja através da fotossíntese efetuada pelas plantas, quer seja através da decomposição de resíduos. Em contrapartida, este também pode ser perdido através de fatores como a erosão, decomposição da M.O do solo entre outros (Nistor *et al.*, 2017).

A emissão deste gás para a atmosfera na viticultura está também relacionada com o diesel gasto em mobilizações de solo, aplicação de fertilizantes, tratamentos fitossanitários e podas. As mobilizações no solo na vinha estão relacionadas com o controlo de infestantes na entrelinha. A mobilização do solo leva a um aumento de temperatura do mesmo, contribuindo também para a decomposição de materiais orgânicos.

No caso do diesel/gasolina gasto pelos tratores, e para o cálculo das emissões dos combustíveis, usam-se para o diesel os valores de (Carlsisle *et al.*, 2009):

$$1L \text{ diesel} = 3.15 \text{ kgCO}_2$$

1 L gasolina = 2.78 kgCO₂

No entanto, a necessidade de fertilizantes e produtos fitofarmacêuticos depende de vários fatores tais como a localização da vinha, as condições climáticas e o histórico de doenças que podem influenciar o grau de ataque das pragas/doenças. Em termos de fertilizantes, a aplicação destes será sempre dependente do solo em que a vinha está inserida, de modo a não aplicar nutrientes e adquirir fatores de produção que não sejam necessários. De notar que cada sistema de mobilização tem propensão para emitir mais ou menos dióxido de carbono. Ou seja, à partida, um sistema de mobilização convencional terá um maior impacto em termos de emissões de CO₂ que um sistema de mobilização reduzida. Em termos de rega, esta está intimamente relacionada com as características climáticas da região. A vinha é uma cultura não muito exigente em água, contudo a introdução da mesma tem os seus benefícios na produção. Quanto mais água for utilizada, maior será o consumo de energia, que posteriormente leva a maiores emissões de dióxido de carbono.

2.6.3- Metano (CH₄)

O fluxo de metano está relacionado com processos microbianos de metanogénese e metanotrofismo, sendo estes afetados pelas condições ambientais do solo (Dunfield *et al.*, 1993). Metanogénese é um processo em que se produz metano como um produto metabólico em condições de hipoxia (pouco oxigénio). Após a revisão de vários artigos, diversos autores chegaram a conclusão de que as emissões de metano para a atmosfera em viticultura são baixas, sendo poucas vezes calculadas devido ao facto de o valor ser baixo. Num caso de estudo no norte da China, Zhang *et al.*, (2021) chegaram à conclusão de que as emissões de metano para a atmosfera estavam compreendidas entre -0,46 e 2,62 kg CH₄/ha x ano, provando assim que o solo tem também capacidade de reter metano.

A produção de metano no solo requer pouco oxigénio. Em vinhas regadas, juntado a este o fator da precipitação, quando o solo está encharcado, o teor de água limita a produção de metano (Zhang *et al.*, 2021). A presença de N₂O também limita a oxidação do metano (Castro *et al.*, 1994). O uso de herbicidas, inseticidas também reduz a atividade de bactérias oxidantes de metano, levando a que o metano diminua no solo (Bharati *et al.*, 1999; Topp., 1993).

2.7 - Agricultura e Viticultura biológica

A agricultura biológica é um modo de produção agrícola baseado na preservação do ambiente. O principal objetivo é contribuir para a melhoria da vida dos solos e da qualidade da água, participando na preservação de um património paisagístico e genético para as gerações vindouras (Cichosz., 2006).

De acordo com Moreira, (2013), a agricultura biológica assenta em 3 pilares principais: o ecológico, o sustentável e o socialmente responsável. Será então da responsabilidade de quem produz biologicamente respeitar os ecossistemas agrários, minimizar a poluição associada a práticas agrícolas e garantir aos consumidores a produção de alimentos seguros, sem resíduos de pesticidas, melhores para a saúde humana e ambiente, entre outros (Moreira., 2013). No entanto Moreira, (2013) indica que a agricultura biológica implica, contudo, uma menor produtividade (...) levando a maiores custos de produção, produção esta que por vezes é bastante longe do local de consumo (milhares de km) sendo um contra senso para o lado ecológico a que se propõe.

A mudança nos sistemas de produção é profunda, estabelecendo variedades adaptadas às condições agroclimáticas locais, melhorando a fertilidade do solo e promovendo a biodiversidade do sistema, de forma a potenciar os processos ecológicos naturais benéficos (Neves., 2012).

A paisagem vitícola e o sistema agrícola são cuidados, com o uso de produtos naturais pouco agressivos para o meio ambiente, promovendo a atividade biológica do solo (...), procura-se a autossuficiência do ecossistema no ciclo da matéria orgânica, utilizando técnicas como a adubação verde, cobertura vegetal e compostagem, recorrendo essencialmente ao uso de podas, bagaços e estrume da própria exploração ou de explorações extensivas vizinhas para melhorar a fertilidade do solo (Neves., 2012).

2.8- Compostagem

No contexto de viticultura orgânica, praticada pela empresa, fará sentido falar também sobre compostagem dado que será o composto um dos principais fatores poluentes nestas vinhas, através da libertação de óxido nitroso para a atmosfera. Anualmente a indústria do vinho usa grandes quantidades de fertilizantes químicos e matéria orgânica. Deste modo, a recuperação de resíduos orgânicos da indústria do vinho para as vinhas pode ser apresentada como uma possibilidade sustentável para

gestão de resíduos (Burg, *et al.*, 2014). O composto usado pela empresa em questão é feito a base de fermentação de pele das uvas, engaços, estrume e lascas de madeira. A uva é um dos frutos mais cultivados do mundo, sendo então produzidas ao ano cerca de 60 milhões de toneladas (OIV, 2011). A vitivinicultura é uma importante atividade agrícola que produz uma imensa quantidade de desperdícios orgânicos. Atualmente são procurados e testados métodos para respectivo posterior uso (Ferrer *et al.*, 2001).

Os principais desperdícios são o bagaço de uva, os engaços, borras e lamas desidratadas.

O bagaço de uva apresenta uma humidade de 50-70% (...), apresentando uma estrutura granular e tem uma boa habilidade de sucção. O bagaço de uva apresenta bom teor em N-P-K-Ca (2.0-0.5-2.0-2.0) (Burg *et al.*, 2014).

A pele da uva constitui cerca de 6 a 10% do bago, e antes da fermentação contém cerca de 30% matéria seca (MS), 0,3 % azoto, 0,6% potássio e 0,1% de ácido fosfórico (Kissler., 1978).

A composição química da semente da uva depende de cada variedade, variando dos 0 aos 5%. Cerca de 70% da semente é MS, 1% azoto, 0,6% potássio e 0,5% ácido fosfórico (Kissler., 1978).

O bagaço da uva contém 30 a 70% de água. A percentagem de azoto varia entre os 0,6 a 1,3 %, o potássio varia de 0,5 a 1,5% e o fósforo 0,25% (Kissler., 1978).

Compostagem é definido como um processo biológico de degradação de matéria orgânica sob condições que permitam o desenvolvimento de temperaturas termofílicas, resultando num produto estabilizado livre de micro-organismos patogénicos. A degradação da MO depende das condições ambientais como humidade ou níveis de oxigénio (Pinto *et al.*, 2023). Excesso de humidade restringe o movimento do oxigénio, e condições anaeróbicas podem levar à descida da velocidade da compostagem. O benefício é que é evitado o uso de fertilizantes inorgânicos, o carbono é retido no solo e simultaneamente é mantido o conteúdo de húmus (Bertran *et al.*, 2004).

2.9 - Normalized difference vegetation index (NDVI)

O NDVI (*normalized difference vegetation index*) é um dos índices de vegetação mais usados mundialmente e a sua utilidade na monitorização da vegetação global tem sido demonstrada nas 2 últimas décadas (Huete & Liu., 1994; Leprieur *et al.*, 2000). O NDVI está relacionado com certas propriedades biométricas das plantas como da copa,

da vegetação como índice de área foliar (LAI), condição da vegetação e biomassa (Jiang *et al.*, 2006). Para calcular o valor índice usa-se a seguinte fórmula (Eq. 3.1):

$$NDVI = \frac{IVP - V}{IVP + V}$$

Equação 2.1 - Fórmula de cálculo NDVI

Em que: IVP – refletância da banda do infravermelho

V – refletância da banda do vermelho

Este índice varia de -1 a 1. Valores próximos de 1 representam vegetação vigorosa, valores próximos de 0 correspondem a rochas, solo nu e vegetação seca, valores negativos correspondem a nuvens, água entre outros.

3- Materiais e Métodos

3.1- Clima de *Barolo*

O clima de *Barolo* caracteriza-se por ser quente e temperado, onde até no mês mais seco existe precipitação. Segundo a classificação de *Koppen-Geiger*, o clima de *Barolo* pode ser classificado como Cfa (Clima Subtropical húmido). Estes dados provêm de uma normal climatológica dos anos 1991 a 2021. A temperatura média anual situa-se nos 11,8°C e a precipitação média anual corresponde a 1127mm. Os dados climáticos estão disponíveis na tabela 3.1.

Tabela 3.1 - Dados climáticos de *Barolo*

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junh	Julh	Agost	Setembr	Outubr	Novembr	Dezembr
Temperatura média (°C)	1.6	2.6	7	11.1	15.4	20.1	22.7	22.3	17.7	12.7	6.8	2.2
Temperatura mínima (°C)	-2.1	-1.9	1.6	6	10.4	14.8	17.2	17.2	13.1	9.1	3.5	-1.3
Temperatura máxima (°C)	6.1	7.7	12.4	15.9	20.2	25.1	27.9	27.4	22.5	16.5	10.5	6.6
precipitação (mm)	73	76	87	122	109	83	55	66	106	123	146	81
Humidade (%)	78	74	69	70	69	67	60	61	66	76	80	79
Dias chuvosos (d)	5	5	6	9	9	8	6	7	7	8	8	6
Horas de sol (h)	5.4	6.2	7.5	8.2	9.8	11.2	11.6	10.3	8.3	5.5	4.7	5.1

Fonte: climate.org

3.2- Local de estudo

O local de estudo incide-se em *Barolo, Piemonte, Itália*(4°36'48''N;7°55'18''E). A empresa *G.D. Vajra* possui cerca de 140 hectares de vinha sendo todos eles tratados de forma biológica. Para efetuar o estudo pretendido foram delimitadas, em ficheiro *Keyhole Markup Language* (KML) no google Earth várias parcelas pertencentes à empresa *G.D. Vajra*.

Após se ter procedido ao mapeamento das parcelas foram obtidos dados relativos à campanha do ano passado, sendo esses dados:

- . Área das parcelas (ha)
- . Produção das parcelas (kg)

- . Ph do solo, quando disponível
- . Tipo de combustível e consumos por hectare
- . Tipo de fertilizante (composto), quantidade de composto aplicado e % da composição química em Azoto-Fosforo-Potássio (NPK) do composto em questão.

No presente estudo, as parcelas estão divididas por 6 zonas, sendo seguidamente demonstrada a sua dispersão espacial (Fig. 3.1):

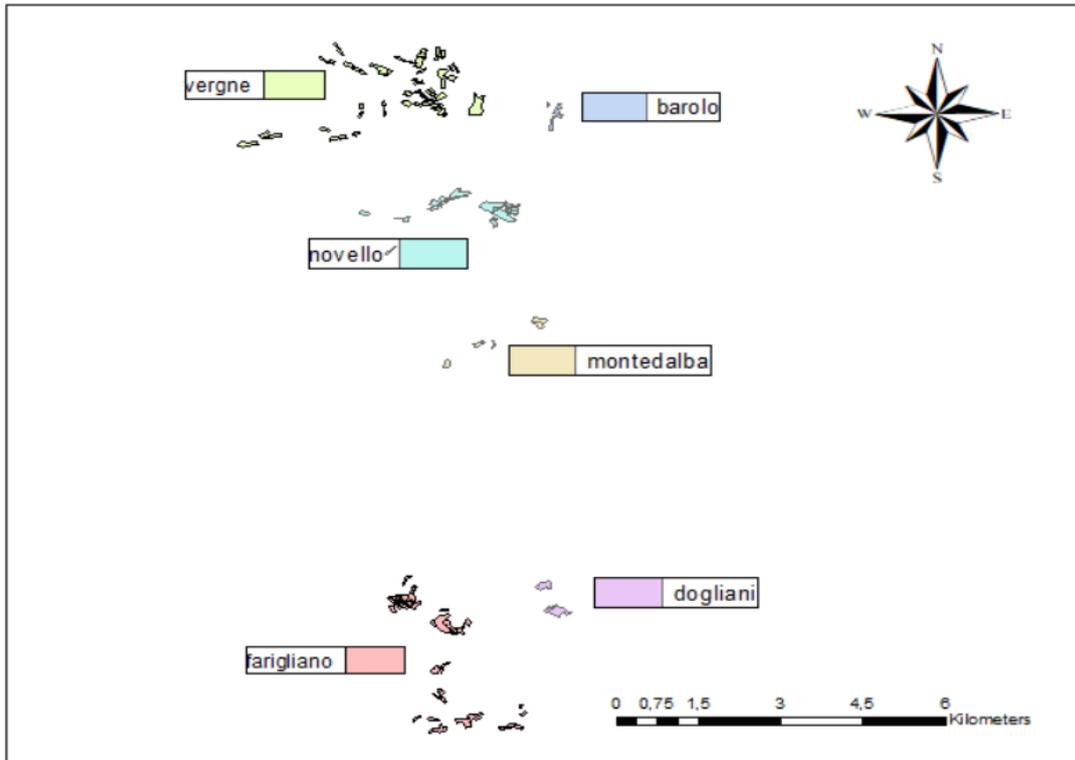


Figura 3.1 - Localização espacial das parcelas

De forma a ilustrar as características geográficas da região onde se inserem as zonas de gestão da empresa, elaboraram-se mapas de declive, altitude e orientação das encostas (OE) (Fig. 3.2 a 3.4) para cada uma das zonas, através de um modelo digital do terreno (MDT). Irão ser mostrados os mapas para uma zona (*Vergne*), ficando os restantes mapas disponíveis em anexo. A elaboração destes mapas foi possível através de um ficheiro de nome *DTM10*, descarregado do site *Geoportale Piemonte*. Para elaboração dos mapas usou-se a parte do ficheiro correspondente à zona *sud_est*.

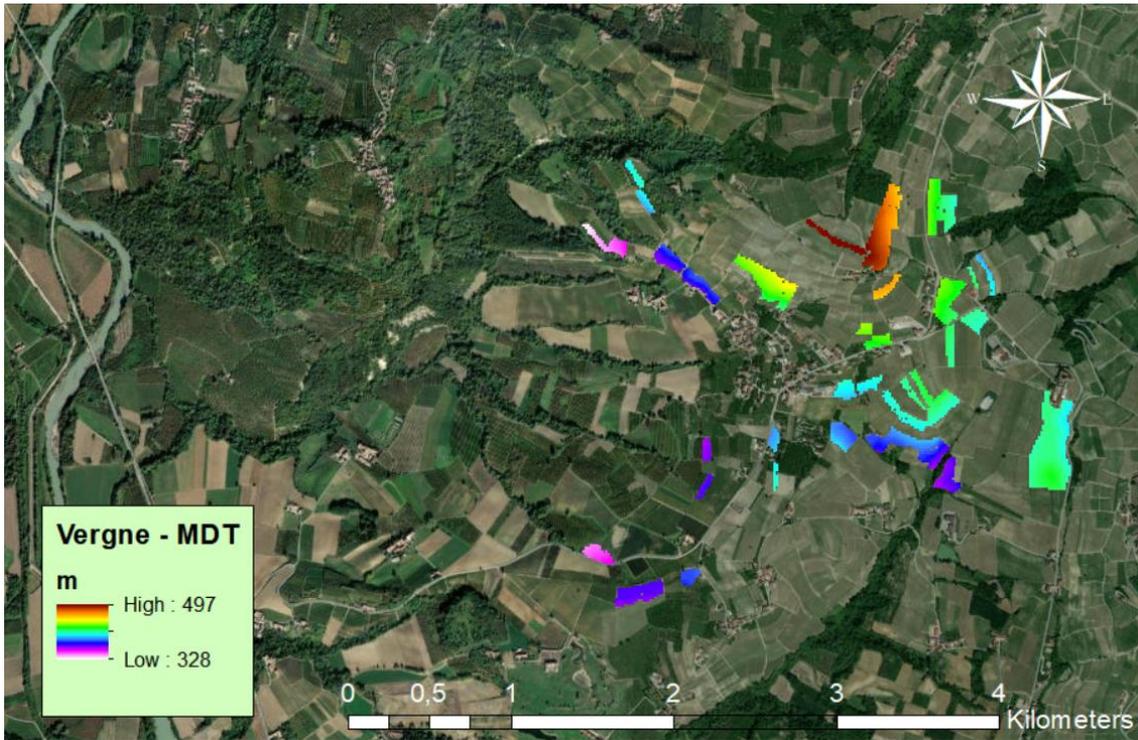


Figura 3.2 – Modelo digital Terreno (*Vergne*)

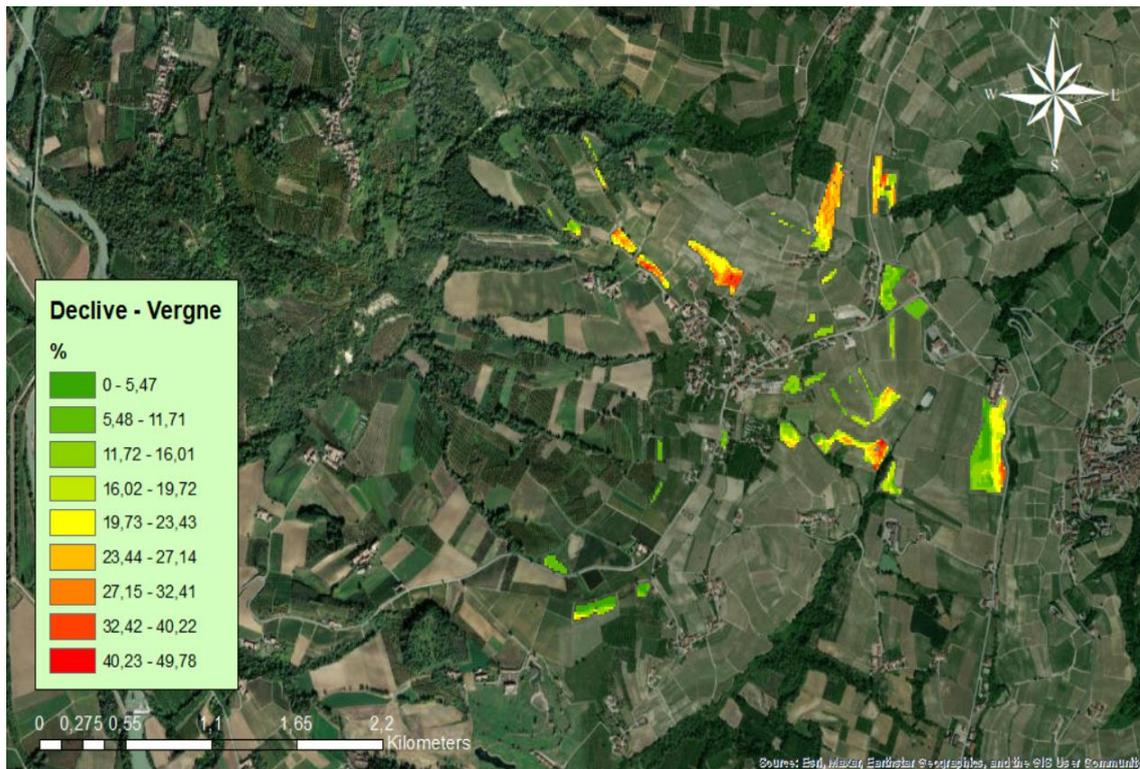


Figura 3.3 - Carta de declives (*Vergne*)

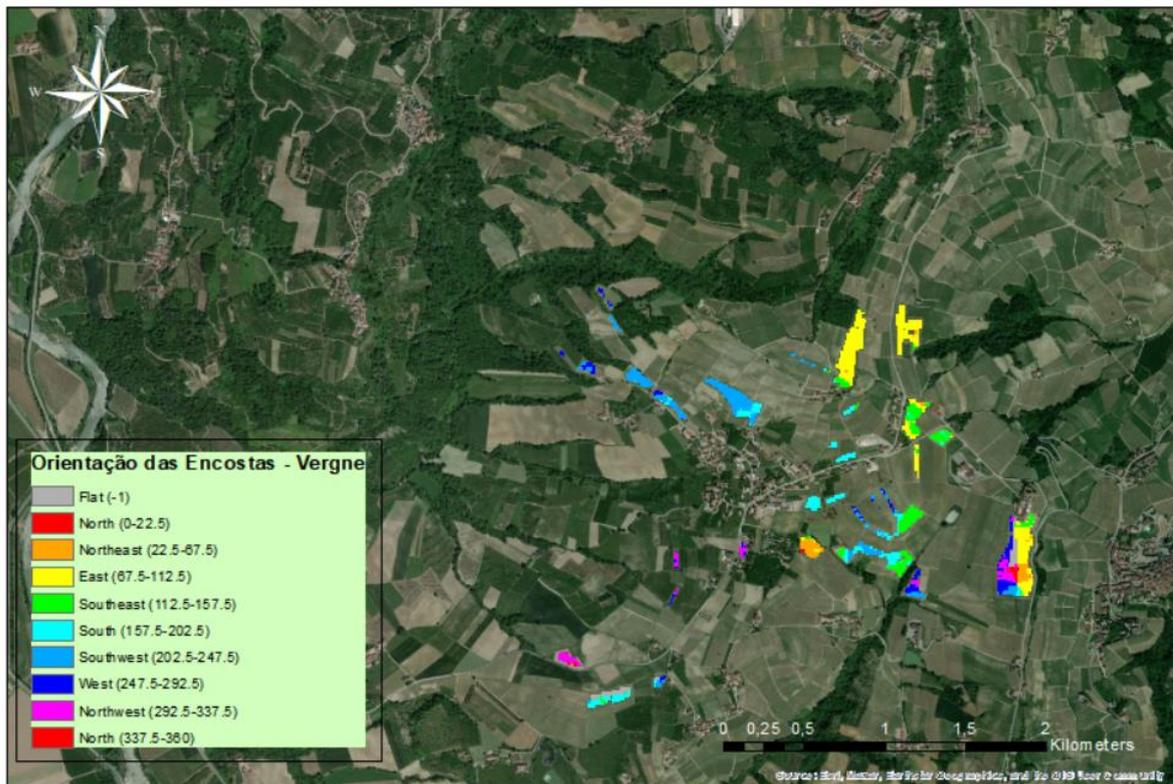


Figura 3.4 - Orientação das encostas (*Vergne*)

Na globalidade da empresa, as altitudes situam-se entre os 267 e 501 metros, os declives entre 0 e 70 %. Em termos da OE, é importante realçar que as encostas a sul serão a partida mais limitantes à produção de uva dado que estão mais expostas á luz solar (mais horas de calor) logo transpiram mais, perdem mais água. Á partida, através de deteção remota, o índice NDVI será também menor.

3.3- Recolha de dados

Relativamente à recolha de dados, recolheram-se dados relativos ao ano de 2022. Procurou-se então informação relativa às áreas de parcelas e respetiva produtividade. Após esta revisão foi-me indicado que relativamente a gasóleo, ter-se-iam gasto entre 120 e 150 L por hectare. A tabela apresentada em seguida serve para demonstrar apenas a ordem com que os dados foram recolhidos. Os valores respetivos das áreas e das produtividades foram dados pela empresa (Tabela 3.2). Os valores com asterisco significam que a produtividade das parcelas foi tida em conta como apenas se tratasse de 1 parcela, dado que a estas 2 parcelas está associado um conjunto de parcelas onde a produtividade das mesmas é tida em conta numa só.

Tabela 3.2 - Tabelas de recolha de dados, em *Monte D'alba*

Parcelas	Área	Produtividade
Nome das parcelas	hectares	kg/ha
<i>MON_BA_RIVERA 2019</i>	0,94	*6080
<i>MON_DO PROTTO</i>	1,16	6480
<i>MON_BA PROTTO 2018</i>	1,63	18560
<i>MON_DO FILARI LUNGHI</i>	0,32	*6080
<i>MON_BATARICCO</i>	0,67	0

Devido à situação referida anteriormente, e dado que a estimativa de gasóleo gasto por hectare variava entre os 120 e 150L, atribuíram-se valores exatos a cada conjunto de parcelas. O parque de máquinas situa-se na zona de parcelas *Vergne*, estando a zona de *Barolo* bastante próximo, daí os valores serem idênticos. Os valores (em L) foram os seguintes (Tab. 3.3):

Tabela 3.3 – Litros de gasóleo gastos por hectare, por ZG

Parcelas	Litros por hectare (L/ha)
<i>Barolo</i>	120
<i>Dogliani</i>	150
<i>Monte D'alba</i>	130
<i>Novello</i>	125
<i>Vergne</i>	120
<i>Farigliano</i>	150

De notar que nem todas as parcelas das zonas selecionadas para estudo estão a ser tidas em conta. Quando se fez o levantamento dos dados, foi-me indicado que não seria possível calcular as emissões para todas as parcelas dado que em certos casos, no ano anterior (2022) houve problemas com granizo, fazendo com que não houvesse produção, não tendo tido essas parcelas em conta. Para efetuar os cálculos das emissões de CO₂ eq., usaram-se valores de diesel consoante as distâncias (Tab. 3.7). Posto isto definiu-se qual o tipo combustível que é usado pela empresa, sendo este o diesel.

3.4- Cálculo de emissões dos gastos de diesel

Para estas parcelas, inseridas na zona *Barolo-Coste di Rose*, (Tab. 3.4) usou-se um valor médio de 120 L/ha dado a sua proximidade com o parque de máquinas. Para a primeira tabela fez-se o seguinte cálculo:

Litros gastos por parcela = área da parcela x valor de referência

O valor de referência indica o valor de combustível gasto, em média, na parcela em questão.

Após resultados obtidos, aplica-se então a fórmula que permite calcular as emissões de dióxido de carbono equivalente:

$$\text{Emissões CO}_2\text{eq.} = A \times B \times C,$$

Em que:

A- Peso volúmico do combustível – 0,85g/cm³

B- Fração de carbono do combustível – 0,86

C- Massa volúmica CO₂/Massa volúmica C – (44/12) = 3,666 (7)

Tabela 3.4 - Cálculo de CO₂eq dos gastos em diesel, no ano de 2022

Gastos e emissões de combustível – <i>Barolo</i>			
diesel	L/parcela (120)	Kg Carbono emitido/parcela	TonCO ₂ eq/parcela
<i>Bar_NE Preda</i>	18	48,29	0,05
<i>Bar_NE Coste di Rose</i>	194,4	521,53	0,52
<i>Bar_NE Boschetti</i>	126	338,03	0,34

3.5- Cálculos para emissões provenientes da aplicação de composto

Em termos de emissões provenientes de fertilizantes, dado que se trata de vinha produzida em modo de produção biológica, a fertilização é feita à base de produtos orgânicos, sendo então a fertilização feita à base de composto. A fertilização nas vinhas ocorre no mês de junho/julho onde foi aplicado uma média de 600 a 1000 kgcomposto/ha. O composto usado pela empresa em questão é composto por fermentação de pele das uvas, engaços, estrume e lascas de madeira. Para efeitos de

cálculo foi usado o valor médio de 800 kg/ha de composto aplicado. Como a empresa não teria a possibilidade de realizar amostras a este composto, procurou-se então em bibliografia uma composição em N, P e K de composto, tendo então encontrado os seguintes valores (Pinto *et al.*, 2023): 0,38 mg/kg N (*wood chips*) + 22,8 g/kgN (*grape pomace*). De forma a ilustrar esta informação elaborou-se a seguinte tabela (Tab. 3.5):

Tabela 3.5 - Dados colhidos relevantes ao cálculo das emissões ligadas à aplicação de composto (2022)

Fertilizantes			
Tipo	Teor de N (azoto)	Quantidade aplicada	Modo de aplicação
Orgânico: composto	23,18 g N/kg composto	800 kg/ha	aplicado no solo e enterrado

De notar que, tal como está acima referido, para fertilizar a vinha aplica-se composto, sendo este constituído por lascas de madeira, estrume, engaços de uva e fermentação das peles da mesma. Tendo em conta o modo de aplicação, o composto é primeiro espalhado sob o solo e posteriormente enterrado.

Os cálculos foram efetuados da seguinte forma:

Primeiramente,

Kg de estrume por hectare =

$$Kg \text{ de estrume aplicado}(\text{média}) \times \text{área da parcela} * \left(\frac{23,18}{1000}\right)$$

Seguidamente, emissões CO₂eq. = A x B x C

Em que:

A – Fator de conversão do estrume – 0,008

B – Massa volúmica CO₂/ Massa volúmica N₂O – 44/28 = 1,57

C – Potencial poluidor do Óxido nitroso – 265

As variáveis de cálculo no âmbito das emissões provenientes das aplicações de composto são adimensionais.

4- Discussão e Resultados

Caracterização dos dados recolhidos na empresa (Fig. 4.1):

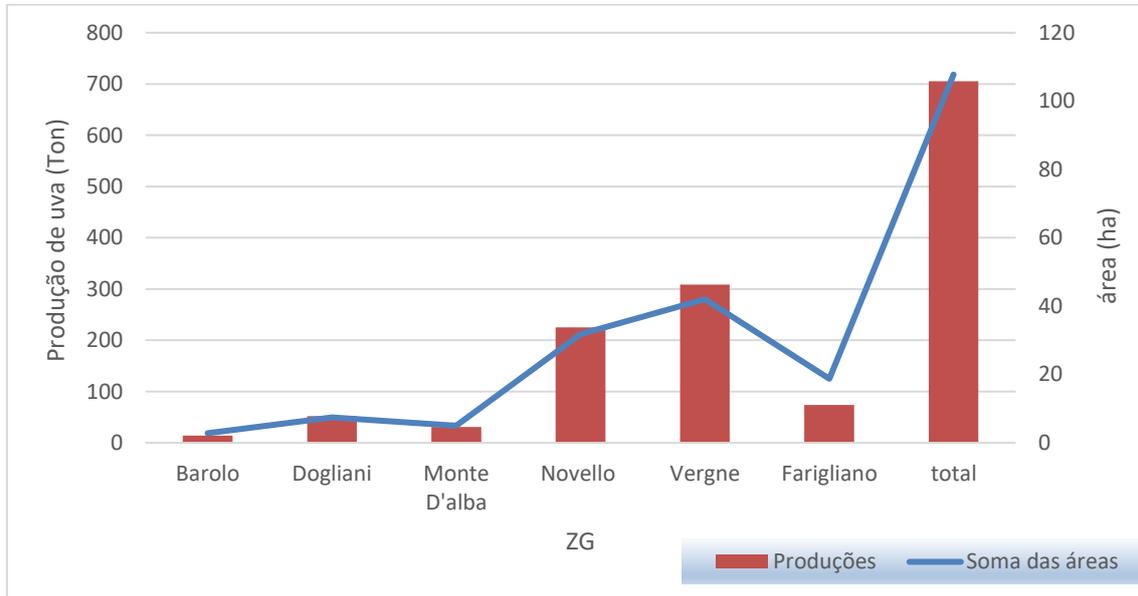


Figura 4.1 - Dados relativos a produções e áreas totais por ZG

Através da interpretação da figura apresentada percebe-se que existe uma relação entre as áreas totais de cada zona de parcelas e as produções, na medida em que quanto maior é a área, maior é a produção da zona de parcelas. Contudo como é possível observar no 6º ponto do gráfico, *farigliano*, a produção está abaixo do expectável, em função da área. A elaboração de cartas de NDVI foi possível com a ajuda das imagens disponíveis na aplicação SmartAG, onde se descarregou uma imagem relativa ao índice NDVI (Fig 4.10). Esta imagem possui uma legenda com classes relativas, ou seja, valores a vermelho indicam baixo valor de NDVI enquanto que os valores a verde claro indicam valores mais altos de NDVI. Esta imagem representa os valores de NDVI medidos entre 1 de janeiro e 31 de dezembro de 2022, tratando-se assim de um relatório histórico. À carta de NDVI está associada uma resolução espacial de 10 metros, coincidindo esta com as imagens do Satélite Sentinel-2, da missão Copernicus, satélite do qual foram extraídas as imagens.

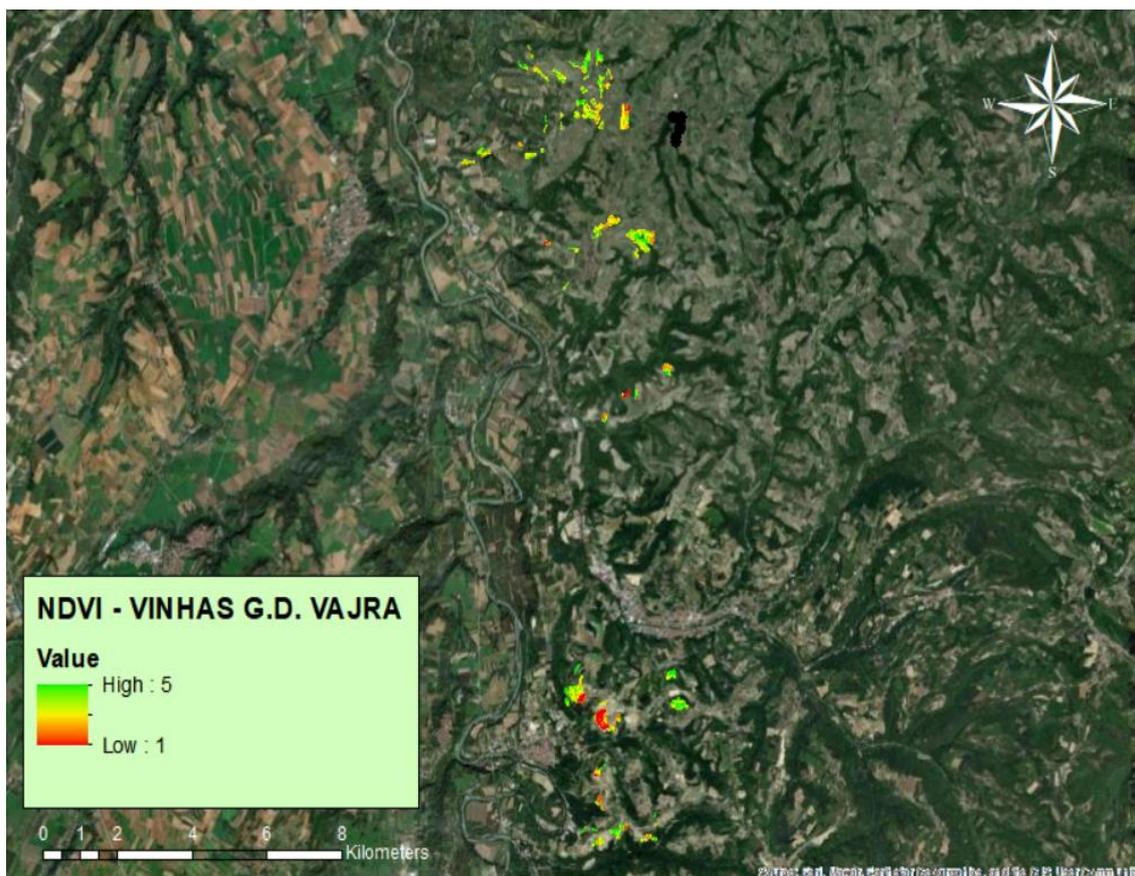


Figura 4.2 - NDVI (relatório histórico para o ano de 2022)

Tendo em conta os aspetos relativos à viticultura heroica (declives), fez-se uma reclassificação do mapa geral de declives para cada ZG, tendo, no entanto, todas as zonas sido analisadas através de uma simbologia comum. A esta simbologia correspondem 7 classes (Fig. 4.2).

Através da análise dos mapas das altitudes, verificou-se que em termos de altitude não estamos numa zona de viticultura heroica, contudo o mesmo não se verificou no declive. Dado esta conclusão elaborou-se uma carta booleana de declives, em que as condições eram as seguintes: a primeira condição engloba declives de 0 a valores inferiores a 30 %, na segunda condição estão incluídos os valores de declive igual ou superior a 30% (Fig. 4.12). Foi-me indicado que, por pessoas da empresa, a produção em *farigliano* teria sido afetada devido a fenómenos climáticos, como neve e geadas. Estes fenómenos climáticos foram tão severos que se perdeu a produção toda de algumas parcelas.

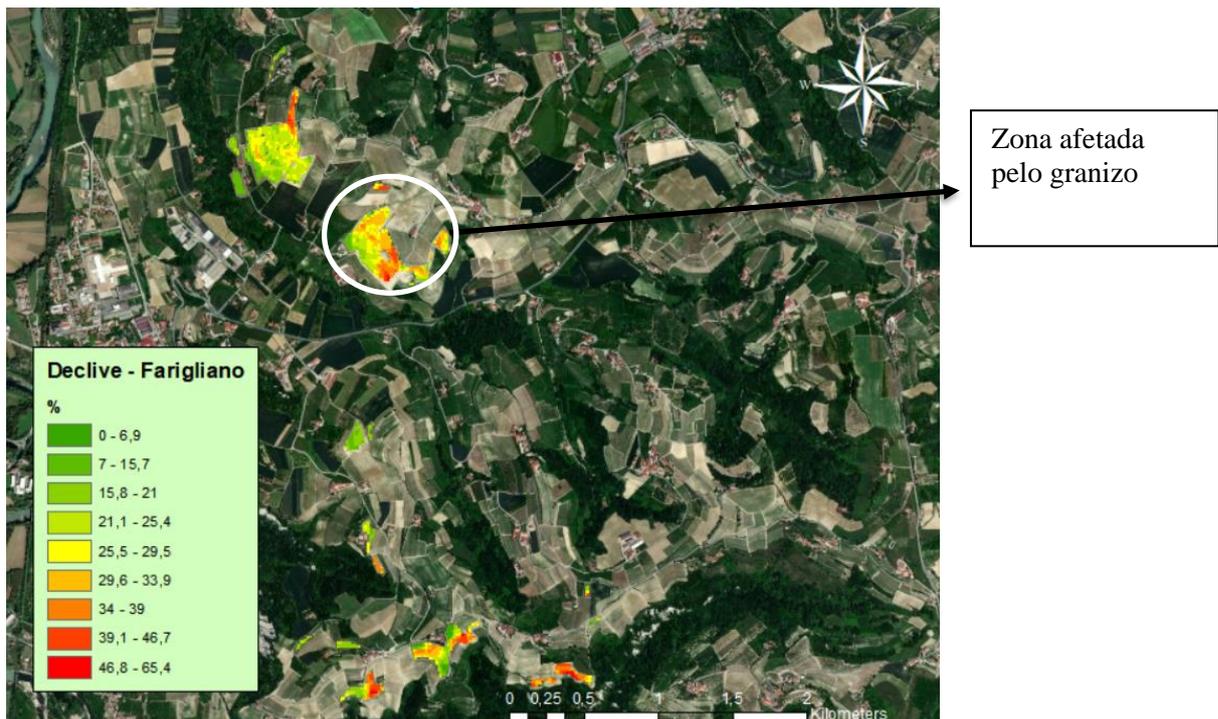


Figura 4.3 - Declive percentual (*Farigliano*)

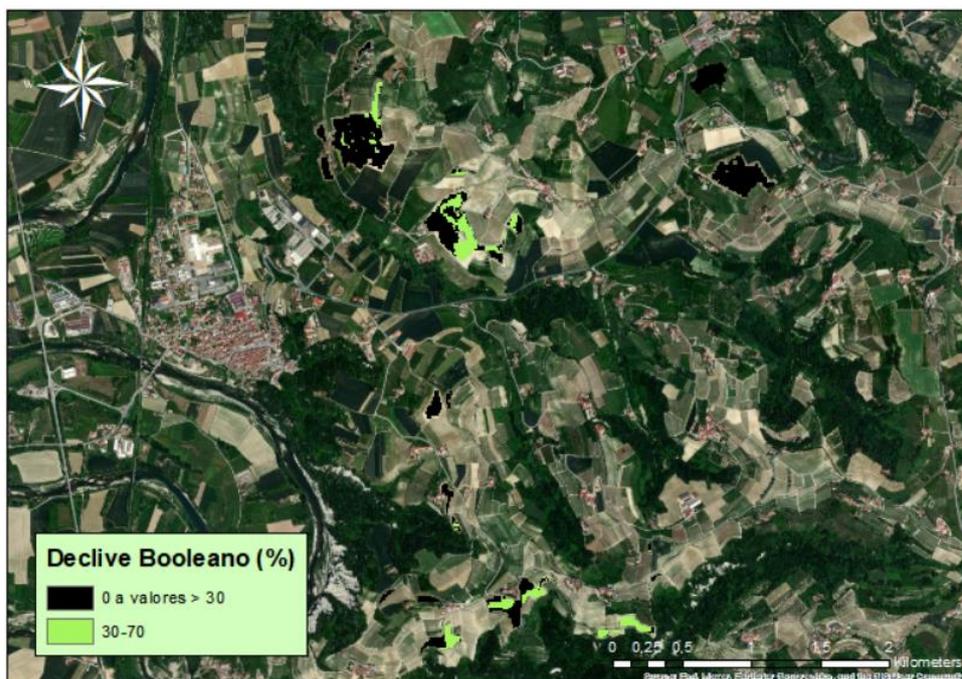


Figura 4.4 - Carta de declives booleana (*Farigliano*)

Através da interpretação da figura anterior, observam-se os declives mais acentuados da zona de gestão na zona afetada pelas geadas e na zona mais a sul de Farigliano. Para continuar a análise anterior criou-se outro mapa, booleano, que desta vez reclassificou os valores de NDVI. O objetivo da elaboração deste novo mapa passa por perceber se existe uma relação entre o declive e a produção. Fez-se então uma

reclassificação do NDVI em 2 classes: na primeira condição estavam atribuídas classes relativas de NDVI entre 1 e valores inferiores a 3 e à segunda condição estavam atribuídas as classes relativas de NDVI de 3 a 5 (Fig. 4.5).

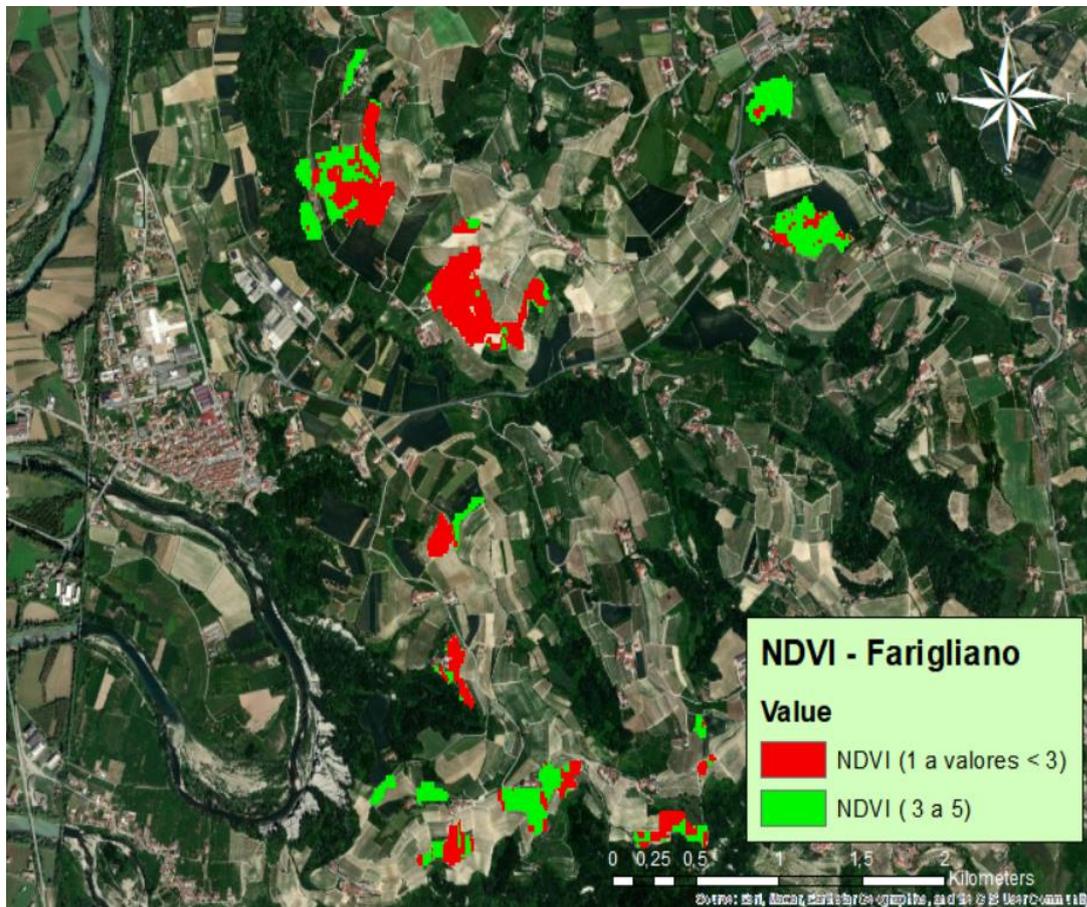


Figura 4.5 - Carta booleana de NDVI (*Farigliano*)

Através da análise da figura 4.23, á partida os declives altos existentes em *Farigliano* não estão associados a piores produções, dado que nas zonas mais a sul o NDVI manteve-se alto. Por fim usou-se uma ferramenta denominada de Map Algebra. Através desta funcionalidade, elaborou-se um novo mapa, através da multiplicação dos 2 mapas anteriores. Ou seja, a operação de multiplicação, em álgebra de mapas permite a obtenção de uma condição “e”. Logo, o seguinte mapa foi elaborado na condição em que valores representados a verde satisfiziam a condição em que os valores de NDVI variavam de 3 a 5 (classes relativas) e os valores de declive iguais ou superiores a 30% (Fig. 4.6).

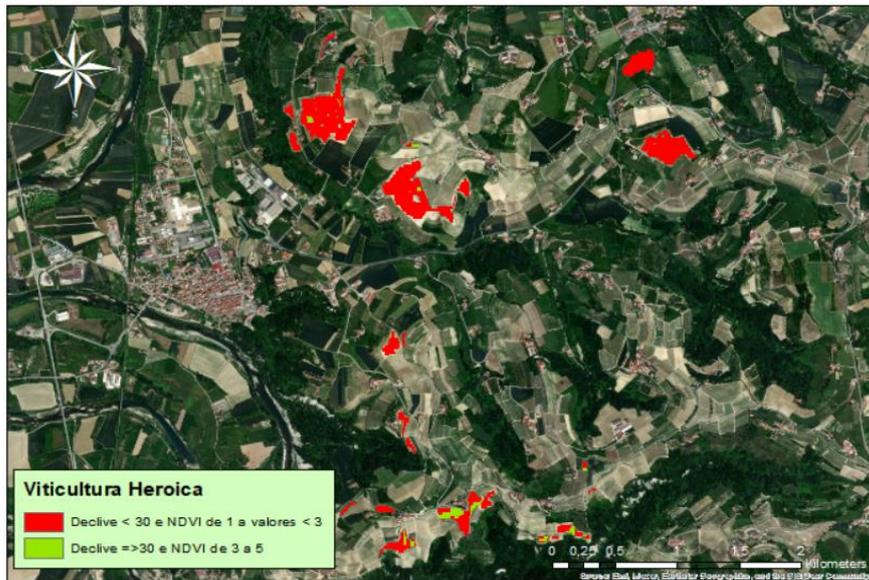


Figura 4.6 - Viticultura Heroica (*Farigliano*)

O último mapa mostra que mesmo em zonas declivosas (a sul da zona de gestão) existem zonas com valores de NDVI alto, logo o declive não pode ser usado como único fator para esta análise. As manchas a verde poderão apresentar uma zona de transição de solos que, seguindo a lógica, poderão ter uma maior capacidade de armazenamento de água/capacidade de campo. Tentou-se também perceber se as encostas teriam alguma influência no valor do índice de vegetação (Fig. 4.7).

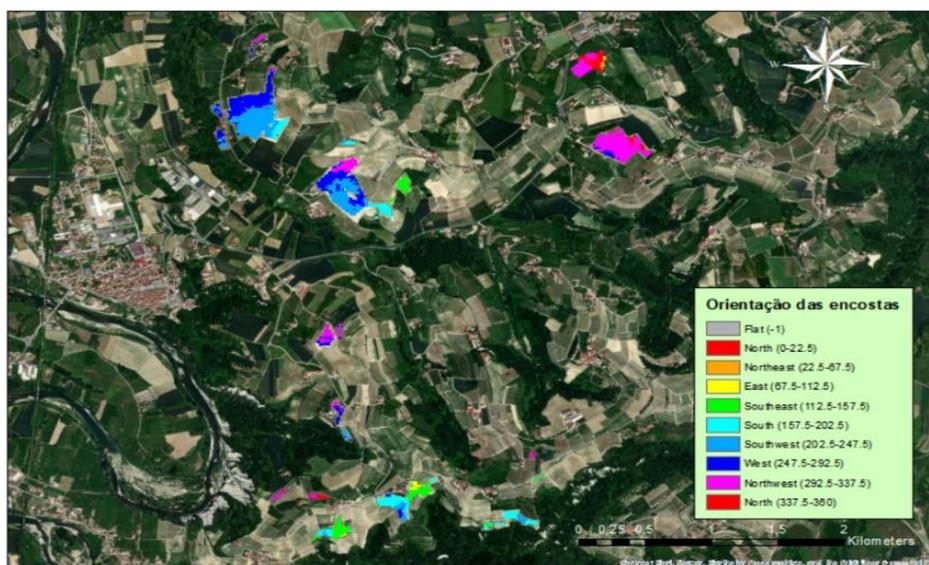


Figura 4.7 – Orientação das encostas (*Farigliano*)

Observou-se que, em *farigliano*, aliando aos resultados anteriores, as parcelas que têm encostas viradas a sul têm uma tendência para apresentar menores valores de NDVI, o que poderá ser um fator limitante quando se verificar esta junção de fatores. De salientar que fatores geográficos não são suficientes para aferir sobre a viabilidade

da produção de uva. Contudo, após elaboração destes mapas viu-se que declives acentuados em parcelas com maiores valores de altitude, o valor do NDVI costuma ser menor. Para uma análise completa teríamos de ter mais informação relativa ao solo das várias ZG.

Por fim, de forma a verificar se haveria correlação entre o NDVI e a produção de uva, por zona de gestão (ZG), descarregou-se da SmartAg uma imagem relativa a 10 de julho de 2022 para retirar, por ZG, o valor de NDVI médio. Para tal foi usada a ferramenta de ArcMap “Extract by Mask”, para retirar os valores de NDVI por ZG. Por cada zona foi elaborado automaticamente um histograma com os valores de máximo, mínimo, média e desvio padrão.

Posto isto elaborou-se então um gráfico de dispersão onde as variáveis eram a produção por ZG (kg/ha) e o NDVI médio, obtendo o seguinte resultado (Fig. 4.8):

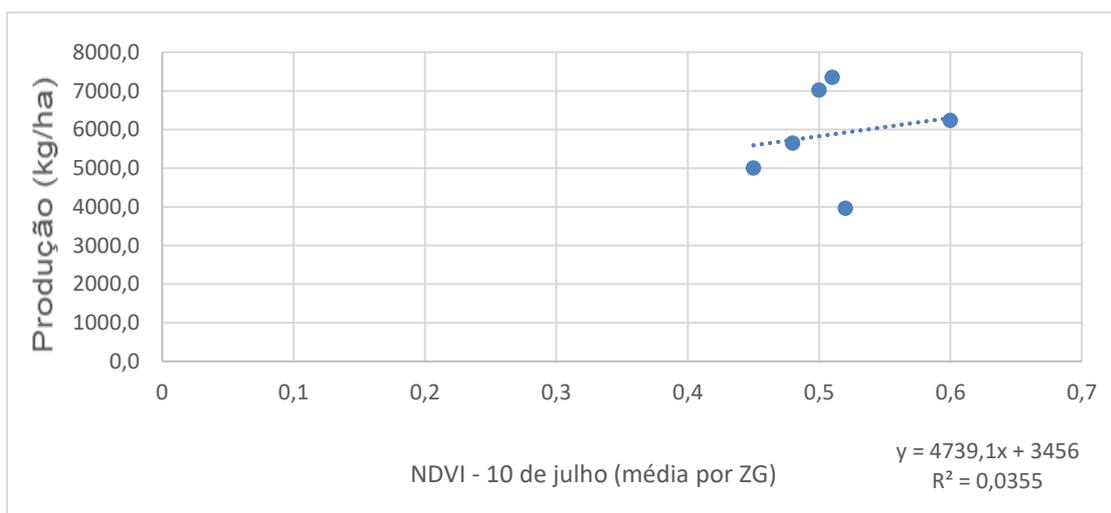


Figura 4.8 - Relação entre produção (kg/ha) e valor de NDVI médio para todas as ZG

Através da análise deste gráfico pode-se verificar a existência de 2 comportamentos semelhantes entre ZG, os quais serão seguidamente demonstrados graficamente. O primeiro gráfico será referente às ZG *Barolo, Dogliani, Novello e Vergne* (Fig. 4.9).

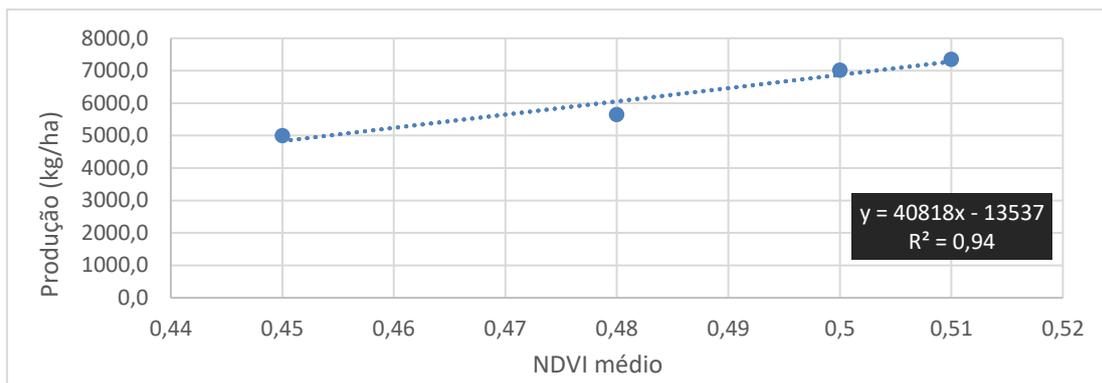


Figura 4.9 - Correlação entre NDVI e produção (*Dogliani, Barolo, Vergne, Novello*) - 10 de julho de 2022

Podemos assim verificar uma correlação alta entre os valores de produção e de NDVI, na medida em que a maiores valores de NDVI estão associadas produções por hectare mais elevadas. Será expectável então que zonas com pior produção estejam associadas classes relativas de NDVI mais baixas. Tal como era previsto, em *Farigliano*, o valor de NDVI médio foi o mais baixo de todos os pontos no gráfico, por apresentar a produção por hectare mais baixa. Será então interessante ver, no caso das emissões por tonelada de uva se os valores mais baixos de NDVI estão associados a emissões mais altas.

4.1 – Resultados das emissões por Zona de Gestão e por tonelada de uva

Na tabela representada abaixo encontram-se os resultados dos cálculos relativos às emissões de CO₂eq. relativo às vinhas em estudo, estando os resultados apresentados tanto por hectare, como por tonelada de uva (Tab. 4.1). É necessário entender que, para efeitos de emissões de CO₂eq. proveniente do diesel, as operações culturais da poda e da colheita não são tidas em conta dado que estas são efetuadas manualmente. Os cálculos foram feitos por parcela, contudo apenas serão mostradas as somas por ZG. Os valores sublinhados a amarelo dizem respeito ao somatório das emissões, quer por ZG quer por tonelada de uva, de diesel e composto, estando o resultado do somatório na última linha.

Tabela 4.1 - Emissões de CO₂eq (ZG e ton. de uva)

Emissões				
(TonCO ₂ eq/ZG)			(TonCO ₂ eq/ton.uva)	
Zonas de Gestão	diesel	Ap. Composto	diesel	Ap. Composto
<i>Barolo</i>	0,91	1,96	0,186	0,402
<i>Dogliani</i>	3	5,72	0,184	0,317
<i>Monte D'alba</i>	1,74	3,47	0,165	0,329
<i>Novello</i>	11,54	13,19	0,478	0,71
<i>Vergne</i>	14	26,80	1,951	3,915
<i>Farigliano</i>	7,53	10,91	0,942	1,321
Soma dos valores das ZG	38,72	62,04	3,91	6,99
Q.total de CO ₂ eq. emitido(ton.)	100,8		10,9	

Após a realização dos cálculos relativos às emissões de CO₂eq. por parcela e zona de gestão, tendo em conta que se usaram valores de referência para os cálculos do diesel, podem-se considerar os dados mostrados na tabela seguinte como os kg de dióxido de carbono equivalente emitidos por hectare, dependendo da zona de gestão no caso do diesel. Os valores são os seguintes (Fig. 4.10):



Figura 4.10 - emissões por hectare, por zona de gestão, no âmbito de cálculo das emissões por parcela dos gastos de diesel

Através da análise dos dados relativos aos gastos e emissões do diesel, podemos concluir que neste estudo as emissões serão sempre mais altas consoante a distância da zona de gestão ao parque de máquinas. Em termos da área das parcelas, o seu tamanho irá apenas aumentar/diminuir as emissões de CO₂eq. no seu total dado que o fator que realmente, neste estudo, está a influenciar o valor das emissões dos gastos em diesel é a distância das parcelas ao parque de máquinas. Por hectare, o valor das emissões é dependente e proporcional da distância ao parque de máquinas.

Tal como referido anteriormente, as zonas de gestão mais distantes ao parque de máquinas são *Dogliani* e *Farigliano*. Sendo assim estas zonas de gestão são as que têm um maior peso quantitativo, por hectare.

Ao analisar as áreas das parcelas (disponíveis em anexo), observa-se que a grande maioria não tem uma área superior a 1ha, o que pode explicar as baixas emissões. Em apenas 11 das parcelas, as emissões são superiores a 1 toneladaCO₂eq./ha relativamente ao diesel. Posto isto, e para tentar confirmar esta linha de pensamento fez-se um gráfico para ilustrar as emissões (Fig. 4.11).

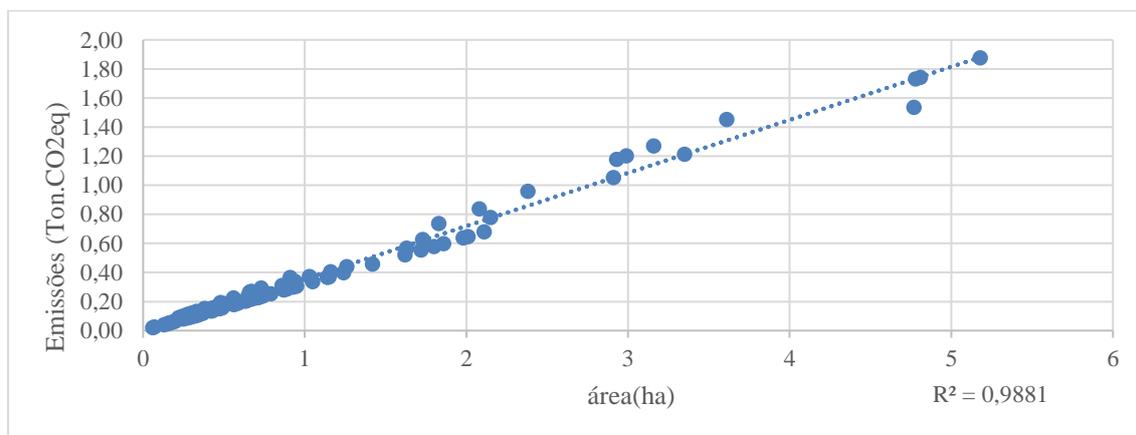


Figura 4.11 – Emissões de CO₂eq. provenientes do gasto em diesel, em função da área

Quanto maiores são as parcelas, maiores serão as emissões de CO₂eq., no que toca ao diesel e por exemplo, aplicações de azoto, contudo este fator já não se irá verificar nas emissões de CO₂eq por tonelada de uva. A geometria das parcelas pode potenciar as emissões. No que toca à dimensão das parcelas, quanto maiores forem, mais voltas na cabeceira terão de se fazer e mais gasóleo se gasta, havendo mais libertação de GEE para a atmosfera. As voltas na cabeceira dependem também do fator de forma das parcelas, ou seja, uma parcela mais larga potencia mais as emissões provenientes de diesel do que uma parcela curta.

É necessário salientar que quando, por parte da empresa, me indicaram os valores médios de 120 a 150 L/ha, estes não se referem teoricamente apenas a distâncias. Ou seja, estes valores de consumo de combustível podem estar também relacionados com parcelas em que os trabalhos sejam mais árduos de realizar, como por exemplo questões de declive, ou por questões de menor tração das máquinas, que irá ser causa de uma menor velocidade de trabalho, entre outros aspetos.

Na empresa em questão, operações como a poda e a colheita são efetuadas manualmente, não sendo assim contabilizadas. Se formos analisar as operações feitas mecanicamente, podemos aferir que as emissões do diesel estão relacionadas com tratamentos fitossanitários, adubações e destroçamento de restos de poda. Podemos aferir então que as emissões que provêm dos gastos em diesel já são bastante reduzidas por parte da empresa.

4.1.1- Redução nas emissões de CO₂ na vinha

Tal como foi referido anteriormente, as emissões de CO₂ na viticultura provêm principalmente das passagens de máquinas agrícolas. Logo se o nosso objetivo passar por reduzir a passagem de tratores, existem várias janelas de oportunidade para o delineamento do nosso plano, sendo elas:

- . Assegurar que aquando dos tratamentos fitossanitários, usar produtos que sejam os mais apropriados, nas dosagens corretas, aplicados na altura certa de modo que a doença/praga a tratar seja controlada numa passagem (Longbottom & Petrie, 2015). O desenvolvimento de cultivares resistentes poderá reduzir e/ou eliminar a necessidade de aplicação de pesticidas (Ojeda *et al*, 2010).

- . Uso de equipamento que trabalhe em mais que uma linha de forma a reduzir o nº de passagens por parcela. O nº de passagem dos tratores será também reduzido aplicando técnicas de viticultura de precisão. Isto permite o delineamento de operações em zonas homogéneas de gestão (ZHG), cada uma com características semelhantes, de forma que a gestão seja mais eficiente (Bramley & Hamilton, 2004).

4.2- Resultados de emissões relativas a aplicação de composto

Tal como foi explicado anteriormente, o óxido nitroso tem um potencial poluidor muito superior ao dióxido de carbono logo espera-se que no total de emissões, os valores de TonCO₂eq. emitidas pela aplicação de composto sejam elevados (Fig. 4.12).

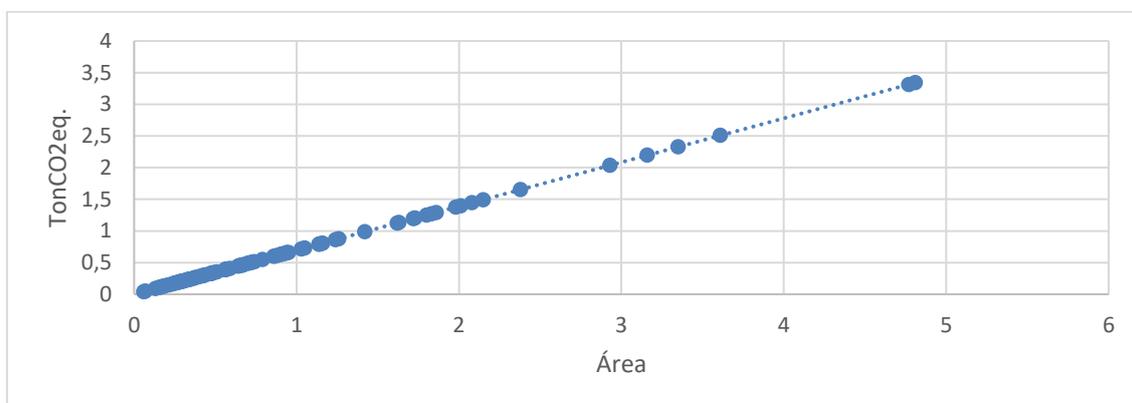


Figura 4.12 - Emissões de CO₂eq. através da fertilização

Existe uma razão de proporcionalidade direta entre as emissões e a área. Isto acontece porque, novamente, foram usados valores intermédios (800kg), ao invés de valores específicos por hectare. Logo, quanto for a área das parcelas, e conseqüentemente, das ZG, maiores vão ser as emissões de CO₂eq. das aplicações de composto (azoto).

4.2.1- Redução das emissões de CO₂eq. das aplicações de composto

As emissões de N₂O neste estudo são originárias da aplicação de fertilizantes orgânicos, que são aplicados de forma a aumentar o teor de carbono orgânico e suplementar o solo com nutrientes. Estes inputs de azoto contribuem para as emissões de N₂O (Suddick *et al*, 2011).

Num estudo experimental, Garland *et al*, (2011) determinou que 7 a 10% do azoto aplicado era perdido. Logo, a melhor altura para aplicação de azoto no solo será quando as raízes estão em crescimento ativo, que em clima Mediterrânico, ocorre antes da floração e após a colheita (Comas *et al*, 2010).

Outras oportunidades para mitigar as emissões de óxido nitroso assentam nas culturas de cobertura, pois o azoto aplicado poderá ser consumido por estas mesmas, evitando perdas de azoto (Longbottom & Petrie, 2015).

Para tentar reduzir as emissões relativas à aplicação de composto, poder-se-ia introduzir na empresa a tecnologia de *Variable Rate Technology*. Como foi referido anteriormente, as aplicações de composto costumam ser variáveis entre parcelas, entre

600 a 1000 kg de composto por hectare.

Elaboraram-se então mapas VRT em que nas zonas com pior NDVI, zonas a vermelho, seriam aplicados 600 kg por hectare e nas zonas mais a verde (NDVI mais alto) seriam aplicados 1000kg de composto por hectare. Para este efeito, foi efetuada uma reclassificação do NDVI para todas as parcelas e ZG, obtendo o seguinte mapa (Fig. 4.13):

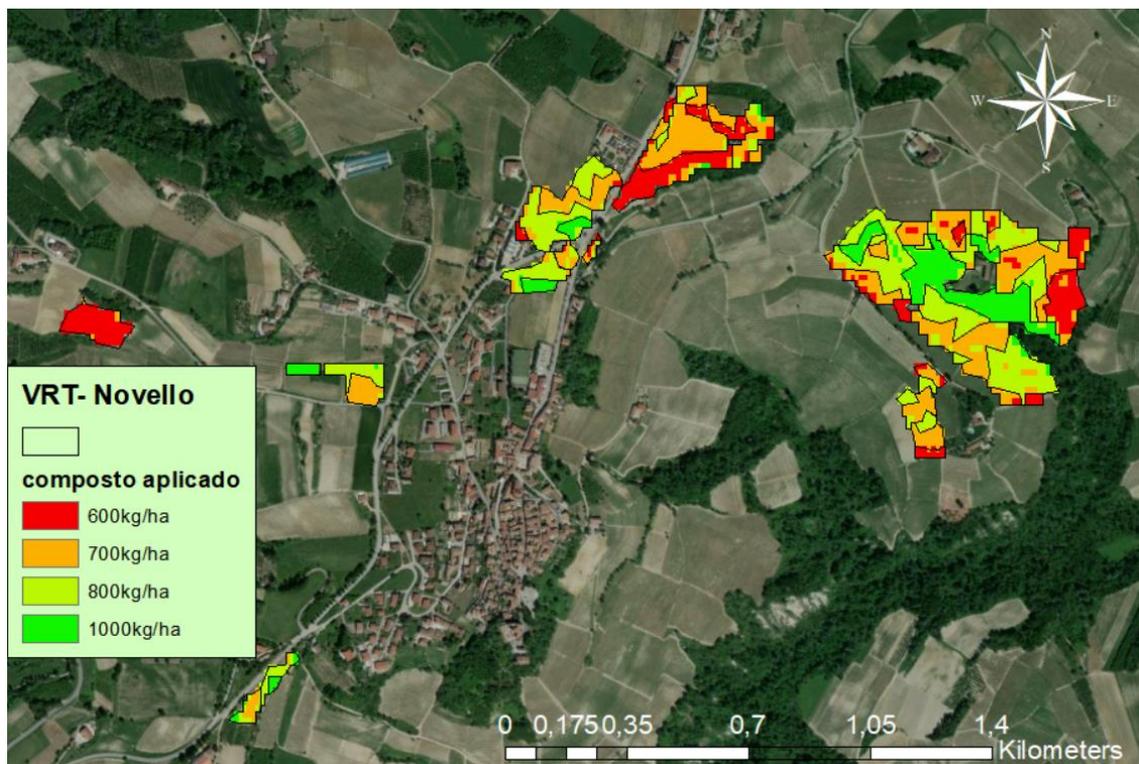


Figura 4.13 – Mapa VRT (*Novello*)

Para a elaboração deste mapa usou-se o mapa de NDVI histórico. Procedeu-se à reclassificação do mesmo, em quartis. Depois rasterizou-se o mesmo ficheiro de forma a calcular, por pixel e por classe de NDVI a área de cada zona. Eliminaram-se os polígonos com área inferior a 1000m² pelo facto de não fazer sentido ter muitas zonas de gestão pequenas, o que dificultará o trabalho ao operador.

A aplicação das tecnologias VRT terá um impacto não só do ponto de vista produtivo, mas também do ponto de vista ambiental. Ou seja, cada produtor poderá basear-se no tipo de aplicação de composto que achar mais pertinente, contudo no ponto de vista desta dissertação, ponto de vista ambiental, não fará sentido colocar quantidades de composto maiores em zonas com menor NDVI (zonas com menor vigor vegetativo).

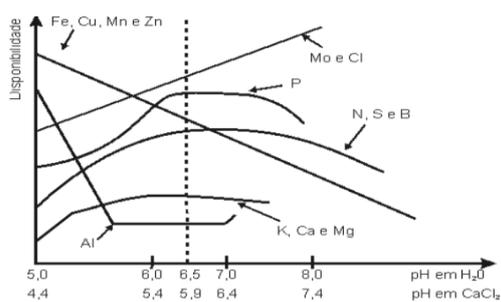
Alguns dos dados colhidos na empresa eram relativos ao pH do solo. Observa-se

na tabela abaixo que os valores estão todos na ordem de 8 a 9 de pH (Tab. 4.2):

Tabela 4.2 - Ph do solo

Parcelas	pH do solo	ZG
<i>BAR_NE_COSTE DI ROSE</i>	8,9	<i>barolo</i>
<i>NAR_BA MURATA PINOT</i>	8,04	<i>vergne</i>
<i>BAR_NE LA VOLTA</i>	8,18	
<i>BAR_NE BDV VIGI</i>	8,16	
<i>NAR_BA PASSAU ZIO VIGIOT</i>	8,29	
<i>NAR_BA PASSAU ZIO FRANCO</i>	8,34	
<i>BAR_NE FOSSATI VJ</i>	8,25	
<i>BAR_NE BDV MASINO</i>	8,13	
<i>FAR_DO BRICCO ROSSO 2022</i>	8,3	<i>farigliano</i>
<i>FAR_DO BRICCO ROSSO 2021</i>	8,15	

Através da imagem seguidamente apresentada constatamos que a disponibilidade de azoto no solo começa a diminuir por volta de valores de pH de 7 (Fig. 4.14). De acordo com os valores medidos de Ph na empresa, o valor de N já é provavelmente mais reduzido. Isto induz o conceito de potencial produtivo, ou seja, para um dado solo, não valerá a pena aplicar azoto em excesso pois essa aplicação não se irá propriamente traduzir num aumento de produção de uva. Após a verificação da variabilidade de produção por parcela, faria sentido aplicar mais composto nas zonas mais produtivas devido a um conceito que será também explorado nesta dissertação, as emissões, neste caso, por tonelada de uva.



Fonte: Nicodemo & Laura (2001)

Figura 4.14 - Disponibilidade de nutrientes e pH do solo

No que toca às emissões por ZG podemos concluir que, em média, se emitem 941 kg de CO₂eq. para a atmosfera.

4.3-Emissões por Tonelada de uva

Para efetuar o cálculo das emissões de CO₂eq por tonelada de uva, procedeu-se primeiro à soma entre as emissões de CO₂eq. do gasto em diesel e das aplicações de composto. Posto isto, dividiu-se o resultado da soma das emissões pela produção de uva de cada parcela. Ao analisar a tabela das emissões por tonelada de uva, surge a questão: Como é que as 3 parcelas de *Barolo* têm apenas menos 600kg de CO₂eq. por tonelada de uva do que as 18 parcelas de *Novello*? Para analisar estes dados elaboraram-se mapas relativamente a estas emissões (Fig. 4.15 e 4.16). Para efeitos de cálculo os dados das emissões por tonelada foram convertidos a quilogramas, para facilitar a interpretação dos dados.

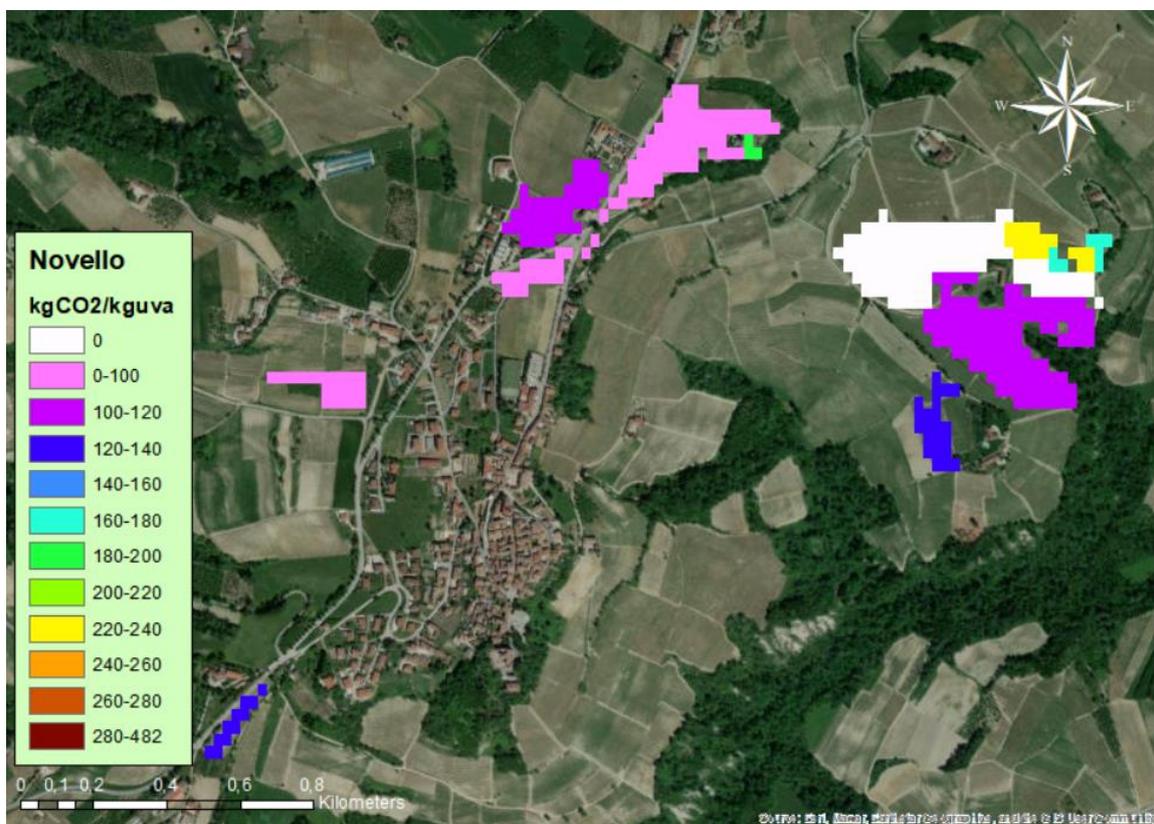


Figura 4.15 - KgCO₂eq/Kg uva (Novello)

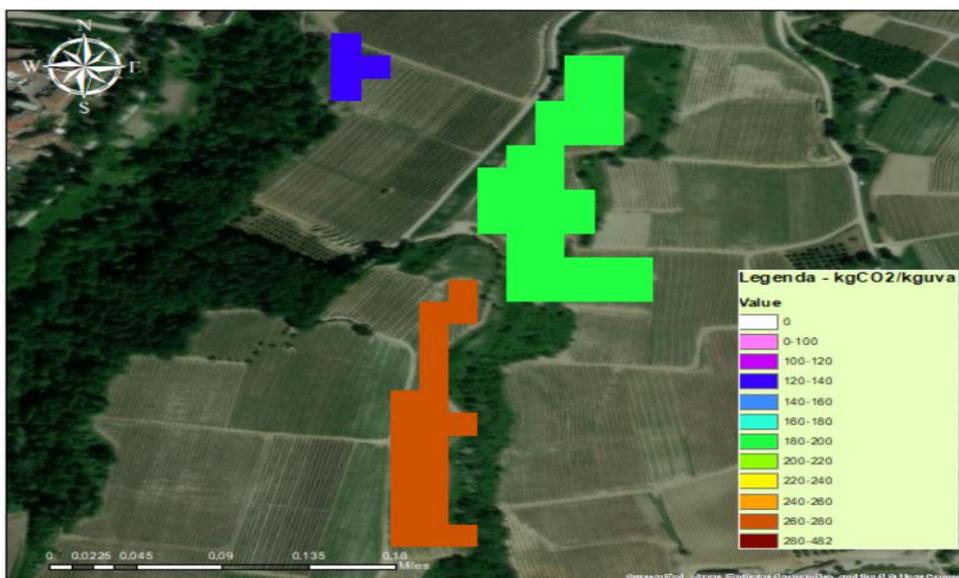


Figura 4.16 - KgCO₂/kg uva (Barolo)

Iremos analisar agora também as tabelas de dados relativas a estas 2 zonas de gestão:

Tabela 4.3 – Cálculo de emissões por kilo de uva (*Novello*)

emissões (co ₂ eq/ton uva) - Novello				
área (ha)	Prod. Ton (2022)	diesel	composto	kgco ₂ /ton uva (diesel + composto)
0,07	0,4	63	122	185
1,73	16,4	38	73	111
2,15	*	*	*	*
0,42	*	*	*	*
0,28	*	*	*	*
0,06	*	*	*	*
2,91*	49,2	11	41	52
0,65	8,1	29	56	85
4,81	0	0	0	0
0,91	4,3	77	147	224
0,37	0	0	0	0
5,18	33,3	56	108	164
0,44	4	40	76	116
1,03	*	*	*	*
3,35	*	*	*	*
0,4	*	*	*	*
4,78*	43	40	77	117
0,94	8	43	82	124
0,86	9,4	33	64	97
0,51	3,9	47	91	138

Tabela 4.4 – Cálculo de emissões por kilo de uva (*Barolo*)

emissões (co2eq/ton uva)				
área (ha)	Prod. Ton	diesel	composto	kgco2/ton uva (diesel + composto)
0,15	1,14	42	91	133
1,62	9,082	57	124	181
1,05	3,9	87	187	274

Na tabela 4.12, os valores que aparecem com o asterisco, são tidos em conta na linha seguinte, onde o asterisco se encontra junto do valor da área. Tal como foi descrito nos materiais e métodos, houve casos em que se juntou a produção de várias parcelas, onde se teve em conta apenas o somatório final do conjunto de parcelas. Comparando os mapas das emissões de CO₂eq/kg uva observa-se à primeira vista que em *Barolo*, as emissões por parcela são substancialmente maiores. Fazendo o cálculo da média das emissões por tonelada de uva para os 2 conjuntos de parcelas:

. *Barolo* – 196 kgCO₂eq./parcela

. *Novello* – 115,6 kgCO₂eq./parcela

Tal como a fórmula de cálculo indica, às emissões de cada parcela divide-se o valor da produção. A primeira conclusão que podemos tirar é que, por unidade de gestão (parcela), a zona de *Novello* é mais produtiva que *Barolo*. Constatando que a cada linha da tabela corresponde 1 parcela, comparando a segunda linha de ambas as tabelas, para áreas semelhantes temos 2 valores de produção completamente diferentes, o que explica esta diferença de valores de emissões. Logo será importante para produtores de vinho terem uma boa relação entre a produção de uva por unidade de gestão e sua respetiva área, de modo a que as emissões sejam o mais baixas possível. Caso fosse o meu objetivo tornar as parcelas em *barolo* mais resilientes, faria um mapa VRT do seguinte modo (Fig. 4.17):

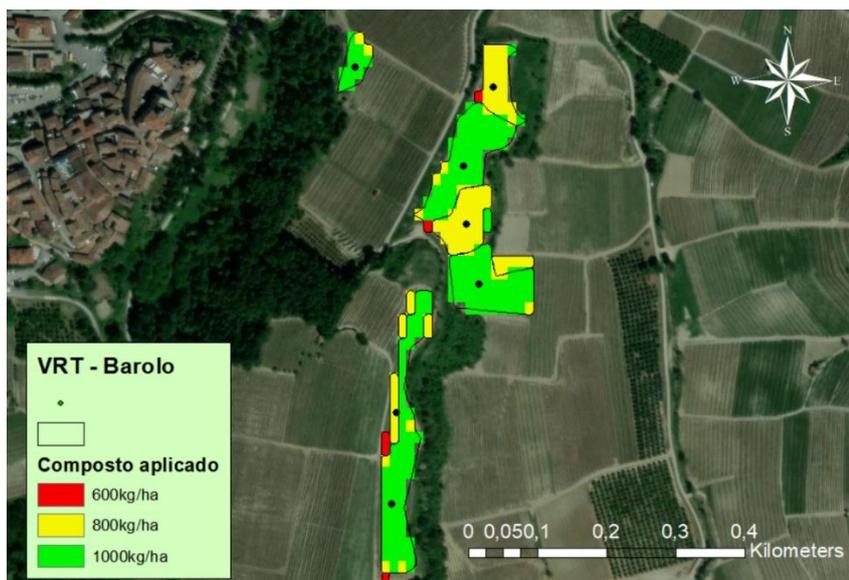


Figura 4.17 - VRT (Barolo)

É necessário salientar que a carta VRT foi elaborada com base no mapa de NDVI histórico para o ano de 2022. No mapa anteriormente apresentado seria aplicado composto maioritariamente em 2 classes: de 800 e 1000 kg de composto/ha. Realizando agora o cálculo, se aplicássemos 800 kg de composto numa parcela de 1 hectare, seriam emitidos 618 kg de CO₂eq. para a atmosfera, devido ao GWP do óxido nitroso. Caso aplicássemos 1000kg de composto numa parcela de 1 hectare seriam emitidos cerca de 772 kg de CO₂eq. Mesmo que as emissões de óxido nitroso aumentassem neste caso, com base na atividade fotossintética medida pelo NDVI, iria haver um aumento da produção dado que as zonas de gestão da carta VRT apresentam valores de refletância suficientemente altos que justifiquem este aumento de produção.

Neste caso de estudo a aplicação VRT servia para aumentar a relação entre a produção e as emissões, não só a vertente produção. Como é sabido, caso o nosso objetivo fosse aumentar a produção, faríamos uma aplicação de potássio, no caso da vinha. Remetendo ao artigo onde se encontrou o valor de N do composto, os valores de potássio (K) eram na ordem dos 24,5 g/kg composto.

De acordo com os cálculos efetuados neste estudo, por cada 800 kg de composto aplicado, seriam aplicados 19,6 kg de K. Ao elaborar um mapa VRT como o mapa acima representado, usando as classes legendadas no mapa, caso tivesse numa zona onde se aplicariam 1000 kg de composto, seriam aplicados cerca de 24,5 kg de K e numa zona de 600 kg/ha, seriam aplicados 14,7 kg de K.

O que estamos a tentar salientar neste estudo é que por exemplo, a uma aplicação de potássio para aumentar a produção da vinha, de um produto sintético, as

emissões de CO₂eq. que lhe estão associadas são as emissões provenientes dos gastos de diesel para realizar essa aplicação. No entanto, como estamos a falar de agricultura biológica e aplicação de composto, para realizar uma fertilização em potássio estaríamos a emitir CO₂eq. dos gastos em diesel do trator e do próprio composto, através da volatilização do azoto.

Por fim, através da análise da figura seguinte podemos observar que as emissões por tonelada se situam, na maioria, entre os 100 e 200 kg de CO₂eq (Fig. 4.18).

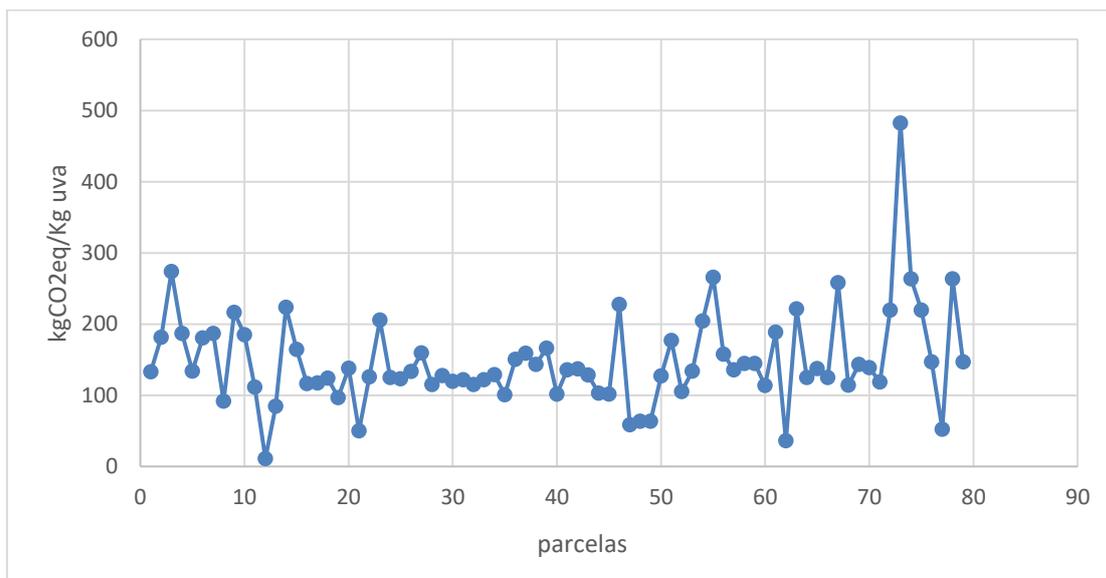


Figura 4.18 - Emissões, por parcela, de CO₂eq por quilo de uva

4.4 – Relação entre produtividade (€/parcela) e emissões por kg de uva

Nesta parte da dissertação será efetuada uma análise, por tabelas e mapas dos valores das emissões por tonelada de uva e do seu valor económico. Ou seja, iremos tentar compreender qual a produtividade, por parcela (€/parcela), que a empresa obteve neste ano de 2022 por cada kg de CO₂eq. emitido para a atmosfera. Para tal iremos começar a analisar a zona de gestão de *Dogliani*. Analisado a tabela apresentada (Tab 4.5), podemos concluir os seguintes aspetos: A segunda parcela apresentada na tabela, que tem maior área e produção total é a mais ecológica também para esta unidade de medição. A primeira e terceira parcelas, além de áreas distintas, têm uma função de produção semelhante, dado que os valores de CO₂eq. por tonelada de uva são bastante semelhantes.

Tabela 4.5 – Cálculo de emissões de kgCO₂eq/kg.uva (*Dogliani*)

área (ha)	Prod (Ton. uva)	Emissões diesel	Emissões composto	kgco2/ton uva total
2,93	17,2	69	118	187
3,61	29,6	49	85	134
0,91	5,525	66	114	181

Verificou-se que o preço pago pela uva que produz os vinhos *Barolo (nebbiolo)* era 742 €/tonelada (2016) (*ISMEA, Institute of Service for the Agricultural and Food Market*). Dada essa informação, multiplicou-se o valor da produção de cada parcela pelo preço referido. Após esse cálculo rasterizou-se essa informação, obtendo o seguinte resultado, em (€/ (kgCO₂eq/kg uva)) (Fig.4.19):

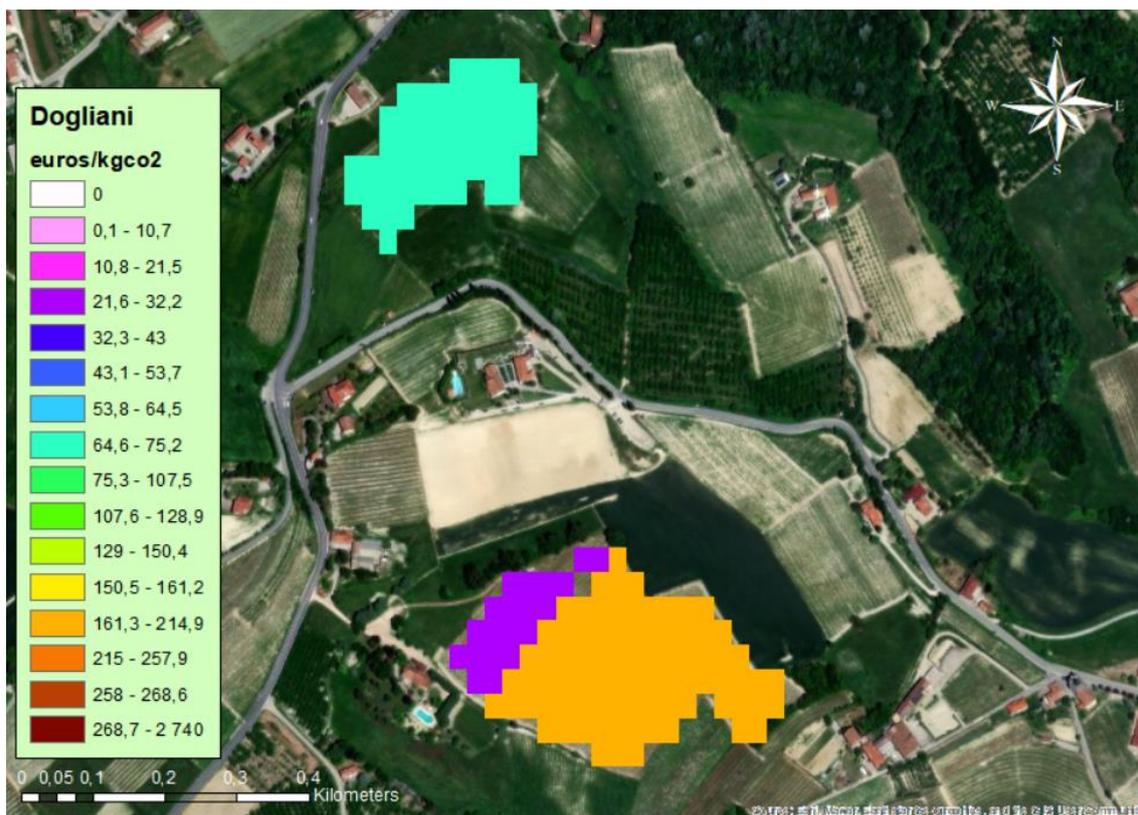


Figura 4.19 - Relação entre a produtividade por parcela (€/parcela) e as emissões por tonelada de uva (€/ (kgCO₂eq/kg uva)) (*Dogliani*)

Mostrando os resultados das 3 parcelas em concreto (Tab. 4.6):

Tabela 4.6 – Relação entre produtividade (€/parcela) e emissões (€/ (kgCO2eq/kg uva)) (Dogliani)

(€/parcela/ (kgCO2eq/kg uva))
<i>Dogliani</i>
68
164
23

A tabela anteriormente apresentada (Tab. 4.6) permite saber qual é a produtividade por parcela, em euros, até ser emitido um kg de CO₂eq para a atmosfera. Esta análise económico/ambiental permite-nos saber quais as parcelas mais eficientes do ponto de vista produtivo e ambiental. Dado que este é um agrupamento de parcelas mais pequeno, iremos analisar o grupo de parcelas *Vergne* (Fig. 4.20). Quanto maior for o valor da relação apresentada anteriormente, menor será o impacto ambiental da parcela ao nível das emissões e maiores serão os ganhos monetários, logo quanto maior for este valor, mais vantajoso será para o produtor.

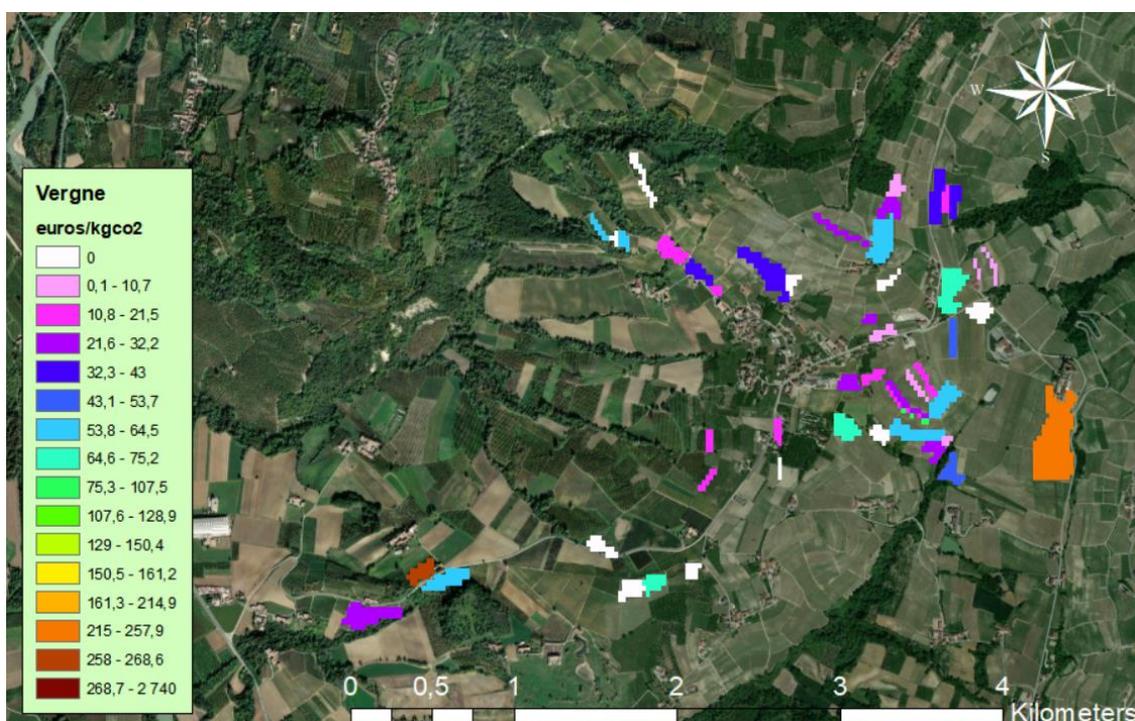


Figura 4.20 - Mapa demonstrativo da relação entre rendimento e emissões (*Vergne*)

É agora possível observar, tal como foi referido no início da tese, a influência do fator de forma das parcelas no valor das emissões e do rendimento das mesmas. Neste agrupamento de parcelas existe uma relação entre as parcelas mais pequenas e os

rendimentos mais baixos por unidade de gestão. Isso explica o facto pelo qual a zona de *Vergne* apresenta os maiores valores de emissões por tonelada de uva, comparativamente às outras regiões. Como será possível ver no gráfico seguinte (Fig. 4.21) (cada ponto representa 1 parcela) relativo a *Vergne*, aos maiores valores de emissões estão interligados os menores rendimentos, demonstrado assim a influência do fator de forma/geometria das parcelas nas emissões. Esta análise foi elaborada numa perspetiva de “mercado de carbono”. Ou seja, para cada parcela existe um valor de emissões de CO₂eq. por tonelada de uva e um valor de produtividade, em euros, associada. Com esta análise pode-se fazer a distinção, no mapa, das zonas onde será preciso atuar com mais urgência de forma que o rendimento seja melhor em termos quantitativos e qualitativos e que as emissões reduzam. Se a produção aumenta, as emissões por ton. de uva irão reduzir, a produtividade, em euros aumenta também. Se existe uma redução das emissões então a empresa poderá ser recompensada, economicamente, pela redução dessas mesmas emissões.

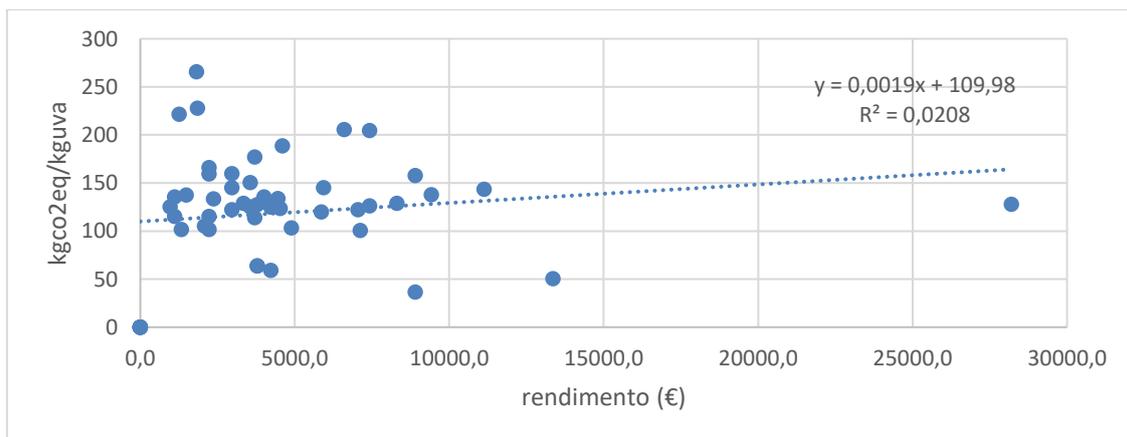


Figura 4.21 - Relação entre os kg de CO₂eq/Kg.uva e rendimentos por parcela (*Vergne*)

As emissões por tonelada de uva são substancialmente mais baixas estando as emissões desta vez mais dependentes da produção/produtividade de cada parcela. Pode-se então desta forma relacionar as emissões de diesel e azoto por tonelada de uva. Por exemplo para uma mesma parcela, haverá sempre emissões provenientes do diesel associadas a aplicações de composto neste caso. Aplicando tecnologias de *Variable Rate technology* (VRT) não se pouparia no diesel, pois o combustível é gasto na mesma, contudo baixar-se-iam as emissões provenientes das aplicações de composto, que tem um fator de poluição muito maior que o CO₂, haveria um melhor balanço entre a produção das parcelas, podendo ser assim possível baixar as emissões por tonelada de

uva. Para o caso em que temos produções mais altas estas tecnologias, aliadas a amostragem de solos, poderiam ser uma mais-valia para aumentos de produção e diminuição de emissões de GEE.

Será agora demonstrado um mapa final, VRT (Fig. 4.22), com os pontos de amostragem (Tab. 4.7) aconselhados e respetivas coordenadas, sob sistema de coordenadas WGS 84, para retirar análise de folhas, dado que estamos a tratar de uma cultura perene. No contexto de agricultura biológica da empresa, se o nosso objetivo for reduzir o Ph do solo para aumentar a disponibilidade do potássio, aplica-se M.O. A essa aplicação estão diretamente interligadas a redução do valor do pH do solo, através da libertação ácidos orgânicos e inorgânicos que produzem iões H^+ . Teoricamente, e como determinado anteriormente, numa aplicação de composto de solo, quanto maior for a quantidade de composto aplicado, maior a aplicação de azoto, maiores as emissões. Contudo, ao mesmo tempo, mais composto, mais potássio disponível para as plantas. Dado que o composto é posteriormente enterrado no solo, serão precisas 2 passagens de máquinas para efetuar a adubação da vinha no seu todo.

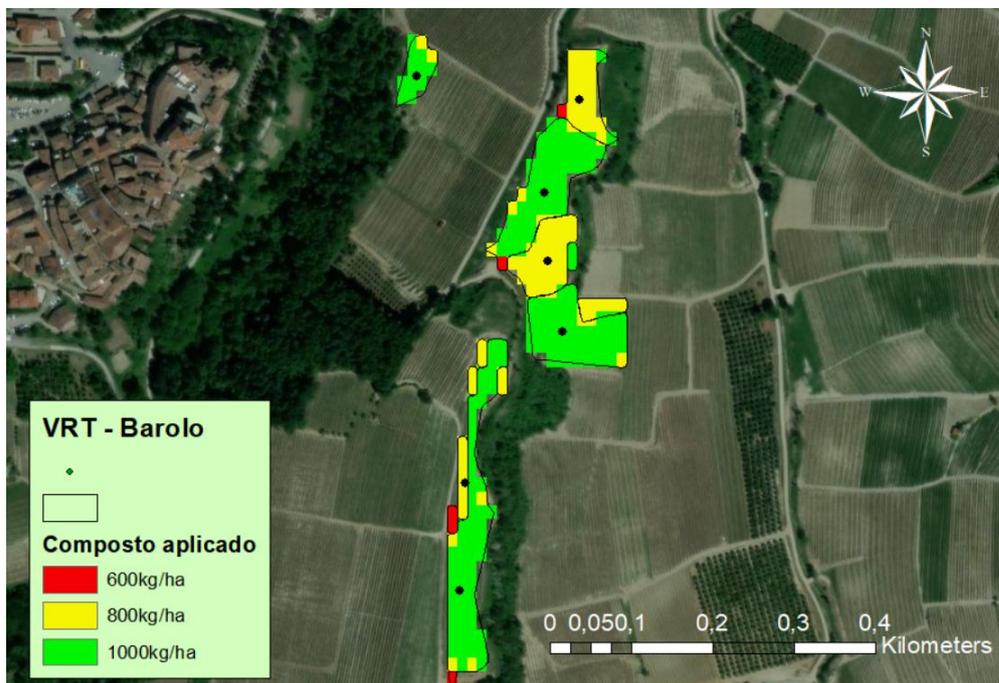


Figura 4.22 - VRT (Barolo)

Tabela 4.7 – Coordenadas dos pontos de amostragem

Coordenadas (UTM)		
nº ponto	X (m)	Y (m)
1	7,4968	44,6114
2	7,94734	44,5082
3	7,94728	44,6073
4	7,9484	44,6094
5	7,94825	44,6099
6	7,94821	44,6105
7	7,9486	44,6112

4.5 - Viticultura e biodiversidade

No âmbito dos serviços dos ecossistemas, foram usados dados de relatórios elaborados entre a empresa e biólogos (Tab. 4.17). Após leitura dos mesmos concluiu-se o seguinte:

. A conservação e deteção de espécies beneficia de um tipo de agricultura menos intensivo. Num estudo efetuado entre 2019 e 2020 mediu-se o nº de espécies de fauna e flora em talhões onde se praticava agricultura biológica e agricultura tradicional. A principal diferença derivou do facto de os produtos químicos terem efeitos mais nefastos para os insetos, havendo uma ligeira redução na fauna capturada nesse ensaio. No que toca ao tipo e nº de plantas observadas a diferença não foi significativa. A agricultura tradicional, pelo uso de químicos, afeta as parcelas vizinhas onde se pratique agricultura biológica através da dispersão de moléculas por exemplo de pesticidas pelo vento.

. A conservação da biodiversidade nas vinhas está diretamente relacionada com áreas de refúgio. Ou seja, áreas de árvores existentes entre parcelas, onde os insetos possam por os ovos, de modo a sobreviverem e reproduzirem ano apos ano. Nas áreas onde se efetuou este estudo (*Fossati Alto e Basso* e *Coste delle Rose*) as áreas de refúgio apresentam uma biodiversidade mais complexa e dinâmica com a presença de sebes, vegetação arbustiva favorável á conservação da biodiversidade. De acordo com Ghidotti *et al*, 2021, o impacto da atividade agrícola nos ecossistemas depende do uso do solo e não do método de gestão. Os ambientes mais naturais e bordas das vinhas contribuem significativamente para a biodiversidade e variedade de habitats na paisagem agrícola.

Realça-se assim a importância dos mosaicos parcelares para a conservação da

biodiversidade, sendo também importante a questão das monoculturas. Ou seja, se falarmos em grandes áreas, tal como *Piemonte*, onde a viticultura tem um grande peso no que toca a produção, as vinhas apenas atraem um x nº de insetos. Se tivermos uma grande área, ex. 1000 ha onde só existe vinha, então o aparecimento de espécies vai ser limitado.

De acordo com os autores do estudo, Ghidotti *et al*, (2021), as diferenças entre *Coste delle Rose* e as restantes áreas observadas deve-se sobretudo a características ecológicas particulares.

Nome appezzamento	Numero di specie osservate
Fossati Alto Biologico	25
Fossati Alto Convenzionale	22
Fossati Alto Seminaturale	54
Fossati Basso Biologico	21
Fossati Basso Convenzionale	16
Fossati Basso Seminaturale	35
Costa delle Rose Biologico	39
Costa delle Rose Convenzionale	17
Costa delle Rose Seminaturale	27

Tabela 4.8 - Nº de espécies observadas, por zona de estudo **Fonte:G.D. VAJRA(2020)**

4.6 - Comparação entre *Barolo* e o Alentejo (GWP)

O último passo desta tese passará por determinar as diferenças, no que toca às emissões de CO₂eq. por ton. de uva entre a zona deste estudo e o Alentejo, no geral. Para tal comparação iremos comparar os valores das emissões como GWP, sendo este medido por ton. CO₂/ton.produto.

De acordo com dados da AGROGARANTE, considera-se a produtividade média das vinhas do Alentejo 6.499kg/ha. Em termos de CO₂eq. emitido por hectare, para regimes de produção mais intensivo consideram-se as emissões na ordem das 1 ton.CO₂eq/ha, sendo este valor mais baixo, cerca de 0,5 ton.CO₂eq/ha para regimes menos intensivos. Dado que estamos a usar um valor de produtividade médio para os cálculos, este valor engloba todos os valores de produtividade, dos regimes mais e menos intensivos. Logo para efeitos de calculo usou-se o mesmo valor de produtividade para diferentes emissões por hectare. Posto a obtenção desta informação selecionaram-se parcelas com uma área de aproximadamente 1 hectare, sendo as parcelas as

seguintes:

Tabela 4.9 - Parcelas de vinha da empresa

Nome das parcelas	hectares (ha)	kg/ha	kgCO ₂ eq/kguva
BAR_NE_BOSCHETTI	1,05	3900	274
BAR-NE BDV CIABOT	1,14	9500	122

Para os dados referentes ao Alentejo, obtiveram-se os seguintes resultados:

GWP Regimes mais intensivos – $1000/6499 = 153 \text{ kgCO}_2\text{eq/kg uva}$

GWP Regimes menos intensivos – $500/6499 = 76,9 \text{ kgCO}_2\text{eq/kg uva}$

Através da análise dos resultados obtidos ao longo do estudo verifica-se que, as emissões por kilo de uva na empresa situam-se, em termos de média, na ordem dos 147, 91 kgCO₂eq/kguva, valor este que é bastante semelhante aos valores de produção de uva no sistema mais intensivo. Através da elaboração de mapas de declive (Fig 4.23) e altitude, para a zona de Évora, observa-se que os declives são bastante inferiores e as altitudes não são muito maiores. Um dos fatores que pode ajudar a explicar este fenómeno é a tipologia da produção. A produção de uva pode ser distinguida entre produção de quantidade e produção de qualidade. Foi possível observar nesta tese que as produtividades, por zona em *Barolo*, foram sendo algo diferentes e houve zonas em que as baixas produtividades estavam relacionadas a emissões mais altas de CO₂eq. Dado que a colheita é efetuada manualmente, nas vinhas da empresa, e que os cachos são escolhidos um a um de forma a haver um controlo de qualidade maior, para a empresa é mais importante produzir uvas com mais qualidade, mesmo que isso signifique menores produções por hectare, de forma a obter vinhos que sejam mais valorizados no mercado. Por exemplo, a gama comercial de vinhos *Barolo* da empresa custa 60€/garrafa, o que pode ajudar a explicar a necessidade de obter uvas com alta qualidade.

Pode-se assim concluir também que, neste cenário de comparação entre o Alentejo e *Barolo*, um dos fatores que ajuda a explicar as emissões de CO₂eq para a atmosfera é o tipo de produção. O facto de o Alentejo ter uma geografia mais plana, também ajuda a mitigar as emissões, sobretudo de diesel, devido a condições mais

fáceis de realizar as operações culturais. Para efeitos de comparação, efetuou-se um mapa de Declives referente ao concelho de Évora. Para a realização deste mapa usou-se o ficheiro mdt_30m_Pt_etr89.

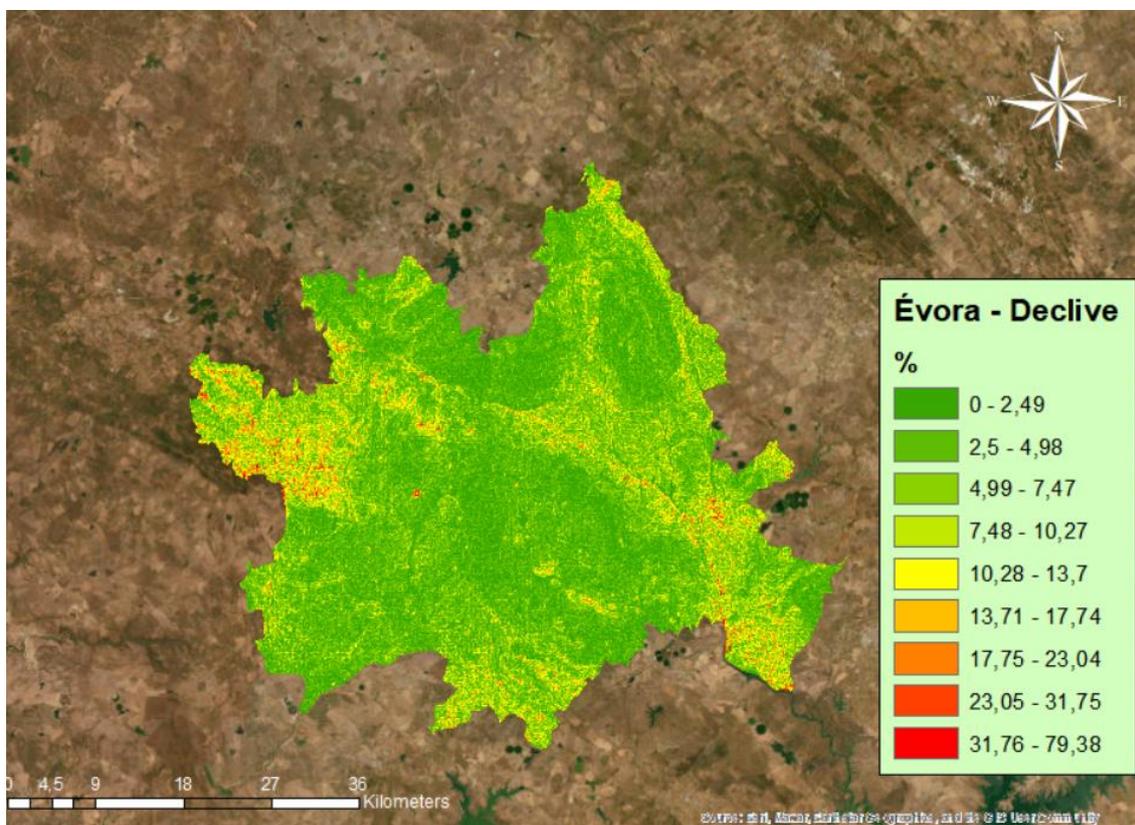


Figura 4.23 - Declive (Évora)

Comparando os valores de GWP finais, observa-se que, no caso da vinha o modo de produção biológico favorece um GWP mais baixo num regime menos intensivo. Tal como começou a ser descrito na revisão bibliográfica, num estudo realizado por Gierling & Blake (2021), as emissões de CO₂eq./ha eram mais baixas em zonas mais declivosas, pelo facto de as operações culturais serem feitas à mão. Como se pode ver no decorrer da dissertação, na empresa, pelo facto de realizar a poda e colheita manualmente, as emissões de GEE são à partida mais baixas. Contudo, as baixas produções, associadas a uma produção de qualidade, e o fator de forma das parcelas potenciam as emissões de CO₂eq. dado que a menores produções estão associadas mais emissões de CO₂eq./kg uva.

Seria importante então que a regimes de produção mais sustentáveis, ou pela tipologia de produção ou pela redução de passagens com máquinas, estivessem associados preços de matéria-prima com um superior valor acrescentado que justificassem a conversão de regime de produção para o geral dos produtores,

aumentando assim a pegada ecológica do setor vitícola, para melhor.

5 – Conclusão

O objetivo desta dissertação passava por realizar a pegada carbónica, ou seja, fazer a separação das emissões consoante as operações culturais para o presente ano de 2023. Contudo após vários pedidos para obter dados fulcrais tais como o calendário de operações culturais, as potencias nominais a que os tratores trabalhavam para calcular os litros de gasóleo nunca se obteve resposta, o que dificultou em quase na totalidade o objetivo a atingir. Contudo, tentando trabalhar com o que me foi disponibilizado, e com a ajuda do meu orientador da dissertação, conseguimos obter, em toneladas de dióxido de carbono equivalente, as emissões de GEE relativas aos gastos de diesel e aplicações de composto do ano de 2022.

De acordo com Migliavacca *et al.*, (2020), existem 3 fatores que determinam o comportamento dos ecossistemas:

. A capacidade máxima das plantas para converter CO₂ da atmosfera através da fotossíntese é determinada pela estrutura da vegetação;

. A eficiência do uso da água pelas plantas é determinada pela altura da vegetação e clima;

. A eficiência das plantas de converterem o CO₂ em biomassa é determinado pela estrutura da vegetação.

De acordo com os tópicos apresentados anteriormente, pode-se aferir que a um ecossistema agrário, haverá sempre mais emissões de GEE que sequestro de carbono. Grande parte das culturas agrícolas têm uma estrutura pequena e um ciclo anual, que interrompe a realização da fotossíntese. Se não há fotossíntese, não há produção de biomassa, não havendo carbono armazenado nos tecidos das plantas.

Neste âmbito pode-se voltar a referir a importância dos mosaicos parcelares na agricultura e na relação agricultura/floresta. Ou seja, é de extrema importância haver numa zona agrícola, zonas de refúgio/zonas florestais. Além de serem abrigo para fauna e flora como determinado anteriormente, estas zonas fazem também sequestro de CO₂ o que ajudará a colmatar as emissões.

Em Portugal começa-se a ouvir falar bastante do mercado voluntário de

Carbono. Dado o exemplo da empresa onde se realizou o estudo, dado que se emitiram 101 tonCO₂eq para a atmosfera, a empresa teria creditação negativa, dado que este mercado funciona por créditos, onde cada crédito corresponde a 1 tonCO₂eq. Contudo, e pelo que foi abordado neste estudo, o cenário desta empresa é o seguinte: Por aplicação de composto, estamos a aumentar o Ph do solo, pela aplicação de compostos orgânicos no solo, e estamos a nutrir a vinha, pela aplicação de azoto e potássio para as plantas. Ora, esta é uma perspetiva no longo prazo que ajudará a reduzir as emissões de GEE. Em primeiro lugar porque se estamos a reduzir o Ph do solo, mesmo que seja de forma mais lenta, estamos a aumentar a eficiência do uso de fatores de produção e ao mesmo tempo estamos a adubar a vinha, para que possa usar menos nutrientes minerais para obter melhores produções.

Como foi descrito no capítulo da discussão dos dados, um dos fatores que potencia as emissões por tonelada de uva é a produção unitária das parcelas. Reparou-se que a baixas emissões estavam relacionadas emissões mais altas de CO₂eq. Ao estarmos a aumentar a disponibilidade de nutrientes no solo e aumentar a produção, estas emissões seriam mais baixas e teríamos uma melhor relação entre a produção e as emissões. Foi apresentada também uma relação entre as emissões por tonelada de uva e o preço da uva. Pode-se constatar que esta relação é mais alta quanto mais baixas forem as emissões por tonelada de uva. Desta forma podemos dizer aos proprietários que quanto mais uva produzirem, menos CO₂eq será libertado por unidade de produção para a atmosfera e o rendimento será maior. Este é um tópico que deveria ser mais estudado dado que uma problemática associado à agricultura mais ecológica é a perda de rendimento.

Determinou-se que, por exemplo, poderia ser aplicado o método desta tese para uma região vitícola. Através de MDTs, percebia-se quais as limitações geográficas associadas á produção de uva, fazia-se amostragem de solo e folhas para perceber qual a relação do fluxo de nutrientes entre a raiz e as folhas. Acabada a colheita, faziam-se mapas com os valores das produções e emissões para detetar a variabilidade e, por fim, agia-se de modo a emitir menos CO₂.

6 - Referências Bibliográficas

- Agência Portuguesa do Ambiente. (15 de 03 de 2023). *Inventário Nacional de Emissões 2023 (Emissões de GEE de 1990 a 2020)*. Obtido de [apaambiente.pt: https://apaambiente.pt/sites/default/files/_Clima/Inventarios/20230421/20230315MemoEmissoes2023.pdf](https://apaambiente.pt/sites/default/files/_Clima/Inventarios/20230421/20230315MemoEmissoes2023.pdf)
- AgroGarante. (2021). *Análise Setorial Subsetor - Vinha e Vinho*. Obtido de <https://www.agrogarante.pt/pt/noticias/analise-setorial-subsetor-vinha-e-vinho/>: https://www.agrogarante.pt/fotos/noticias/analise_setorial_vinha_vf_1740556994615d6f99893a8.pdf
- Alonso, A. D., & O'Neill, M. A. (2011). climate change from the perspective of spanish wine growers. A three region study. *British Food Journal*, 113 (2), pp. 205-221. DOI:[10.1108/00070701111105303](https://doi.org/10.1108/00070701111105303)
- Araújo, J. (1982). Estudos sobre fenologia da Videira.
- Bailis, R., Drigo, R., Ghilardi, A., & Masera, O. (2015). The carbon footprint of traditional woodfuels. *Nat. Clim. Chang.*, pp. 266-272. <https://doi.org/10.1038/nclimate2491>.
- Baitz, M., Albrecht, S., Brauner, E., Broadbent, C., Castellan, G., Conrath, P., . . . Ruhland, K. (2013). LCA's theory and practice: like ebony and ivory living in perfect harmony? *Int. J. Life Cycle Assess.* DOI:[10.1007/s11367-012-0476-x](https://doi.org/10.1007/s11367-012-0476-x)
- Bala, A., Raugei, M., Benveniste, G., Gazulla, C., & Fullana, P. (2010). Simplified tools for global warming potential evaluation: when "good enough" is best. *Int. J. Life Cycle Assess.*, pp. 489-498. <https://doi.org/10.1007/s11367-010-0153-x>
- Battaglini, A., Barbeau, G., Bindi, M., & Badeck, F. W. (2009). European winegrower's perceptions of climate change impact and options for adaptation. *Regional Environmental Change*, pp. 61-73. [https://doi.org/10.1016/s0045-6535\(99\)00025-9](https://doi.org/10.1016/s0045-6535(99)00025-9)
- Benedetto, G. (2013). The environmental impact of a Sardinian wine by partial Life Cycle Assessment. *Wine Econ.*, pp. 33-41. [10.1016/j.wep.2013.05.003](https://doi.org/10.1016/j.wep.2013.05.003)
- Bharati, K., Mohanty, S. R., Adhya, T. K., Banerjee, A., Rao, V. R., & Sethunathan, N. (1999). Influence of a commercial formulation of tridemorph on methane production and oxidation in a tropical rice soil. *Chemosphere*, pp. 933-943.
- Bosco, S., Di Bene, C., Galli, M., Remorini, D., Massai, R., & Bonari, E. (2011). Greenhouse gas emissions in the agricultural phase of wine production in the Maremma rural district in Tuscany, Italy. *Ital. J. Agron.* DOI:[10.4081/ija.2011.e15](https://doi.org/10.4081/ija.2011.e15)
- Bramley, R. G., & Hamilton, R. P. (2004). Understanding variability in winegrape production systems. *Australian journal of grape and wine research* 10, pp. 32-45.

- Bremner, J. M. (1997). Sources of nitrous oxide in soils. *Nutrient cycling in Agroecosystems*, pp. 7-16.
- Burg, P., Vitez, T., & Burgová, J. (2014). Evaluation of grape pomace composting process. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 62(5), pp. 875–881.
- Carlsile, E., Smart D, R., Browde, J., & Arnold, A. (2009). Carbon footprint in vineyard operations. *Practical winery and vineyard Journal*, pp. 8-12.
- Cassman, K. G., Dobermann, A., & Walters, D. T. (2002). Agroecosystems, nitrogen-use efficiency, and nitrogen management. *Ambio*, 31 (2), pp. 132-140.
- Castro, M. S., Peterjohn, W. T., Melillo, J. M., Steudler, P. A., Gholz, H. L., & Lewis, D. (1994). Effects of nitrogen fertilization on the fluxes of N₂O, CH₄ and CO₂ from soils in a Florida slash pine plantation. *Can. J. Res.*, pp. 9-13. <https://doi.org/10.1139/x94-002>
- Chen, D., Suter, H. C., & Islam, A. E. (2010). Influence of nitrification inhibitors on nitrification and nitrous oxide (N₂O). *Soil Biology and Biochemistry*, pp. 660-664.
- Chiriaco, M., Belli, C., Chiti, T., Trotta, C., & Sabbatini, S. (2019). The potential carbon neutrality of sustainable viticulture showed through a comprehensive assessment of the greenhouse gas (GHG) budget of wine production.
- Cholette, S., & Venkat, K. (2009). The energy and carbon intensity of wine distribution: a study of logistical options for delivering wine to consumers. *J. Clean. Prod.*
- Cichosz, B. (2006). Produire du Vin en Agriculture Biologique. *Chambre Régionale d'Agriculture Rhône-Alpes. Lyon.*
- Colman, T., & Paster, P. (2007). Red, White and "Green": The cost of carbon in the global wine trade. *American association of wine economists (AAWE).*
- Comas, L. H., Bauerle, T. L., & Eissenstat, D. M. (2010). Biological and environmental factors controlling root dynamics and function: effects of root ageing and soil moisture. *Australian journal of grape and wine research*, pp. 5-18.
- Corinto, G., & Pioletti, A. (2019). Viticulture and Landscape in the Italian Northwestern Alpine Region. *Geographical Experiences, Representations and Narratives*, pp. 53-69
- Costa, J. M., Vaz, M., Escalona, J., Egipto, R., Lopes, C., Medrano, H., & Chaves M, M. (s.d.). Modern viticulture in Southern Europe: Vulnerabilities and strategies for adaptation to water scarcity. *Agricultural Water Management* 164, pp. 5-18. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2015.08.021>
- Dalal, R. C. (s.d.). Soil microbial biomass - what do the numbers really mean? *Australian Journal of Experimental Agriculture* 38, pp. 649-665.
- D'ammario, D., Capri, E., Valentino, F., Fiorini, E., & Lamastra, L. (2021). Benchmarking of carbon footprint data from the Italian Wine Sector: A

comprehensive and extended analysis. *Sci. Total Environ.*
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146416>

- Dobbie, K. E., & Smith, K. A. (2010). Nitrous oxide emission factors of agricultural soils in Great Britain: the impact of soil water-filled pore space and other controlling variables. *Global Change Biol.*, pp. 204-218. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2486.2003.00563.x>
- Dunfield, P., Knowles, R., Dumont, R., & Moore, T. R. (s.d.). Methane production and consumption in temperate and subarctic peat soils: response to temperature and pH. *Soil Biol. Biochem.* 25 (3), pp. 0-326. [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(93\)90130-4](https://doi.org/10.1016/0038-0717(93)90130-4).
- Easterling, D. R., Meehl, G. A., Parmesan, C., Changnon, S. A., Karl, T. R., & Mearns, L. O. (s.d.). Climate extremes: Observations, modeling and impacts. *Science*, 289 (5487), pp. 2068-2074. <https://doi.org/10.1126/science.289.5487.2068>.
- Eleonora, F., Barbara, S., & Paolo, T. (2020). A systematic design approach applied to rice and wine value chains. The case of the InnoVaEcoFood project in piedmont (Italy). *Sustainability* 2020 12 (21). <https://doi.org/10.3390/su12219272>
- Garland, G. M., Suddick, E., Burger, M., Horwath, W. R., & Six, J. (2011). Direct N₂O emissions following transition from conventional till to no-till in a cover cropped Mediterranean vineyard (*Vitis vinifera*). *Agriculture, Ecosystems & Environment*, pp. 423-428.
- Ghidotti, S., Rocchia, E., Battisti, A., Stefano, M., & Angela, P. (2020). 4° Studio faunistico e floristico-ecologico nei vigneti di Bricco Fossati, Costa delle Rose e Chabot per Azienda Agricola G.D Vajra.
- Gierling, F., & Blanke, M. (2021). Lower carbon footprint from grapevine cultivation on steep slopes compared with flat terrain? A case study. *Acta Hort.* 1327, 703-706. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2021.1327.93>
- Guitierrez-Gamboa, G., Carrasco-Quiroz, M., Martínez-Gil, A. M., Pérez-Alvarez, É. P., Garde-Cerdán, T., & Moreno-Simunovic, Y. (2018). Grape and vine amino acid composition from Carignan noir grapevines growing under rainfed conditions in the Maule Valley, Chile: Effects of location and rootstock. *Food Research International* 105, pp. 344-352. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.11.021>
- Guitierrez-Gamboa, G., Zhen, W., & F, T. (2021). Current viticultural techniques to mitigate the effects of global warming on grape and wine quality: A comprehensive review. *Food Res Int.*
- Hawk, J., & Martinson T, E. (2007). Sustainable viticulture: optimizing nitrogen use in vineyards. *Fruit Quarterly*, pp. 25-29.
- Hidalgo, L. (1993). Tratado de Viticultura General. *Ediciones Mundi-Pressa. Madrid.*
- Huete, A. R., & Liu, H. (1994). An error and sensitivity of the atmospheric and soil correcting variants of the NDVI for the MODIS-EOS. *IEEE transactions on Geoscience and Remote Sensing*, pp. 897-905.

- Imperatore, G., Ghirardelli, A., Strinna, L., Pozzebon, A., Zanin, G., & Otto, S. (2021). Evaluation of a fixed sparying system for phytosanitary treatments in heroic viticulture in north-eastern Italy. <https://doi.org/10.3390/agriculture11090833>
- Iribaren, D., Hospido, A., Moreira, M. T., & Feijoo, G. (2011). Benchmarking environmental and operational parameters through eco-efficiency criteria for dairy farms. *Sci. Total Environ.* 409, pp. 1786-1798.
- Jiang, Z., Huete, A., Chen, J., Chen, Y., Li, Yan, G., & Zhang, X. (2006). Analysis of NDVI and scaled difference vegetation index retrievals of vegetation fraction. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2011.02.013>.
- Jones, C. M., & Kammen, D. M. (2011). Quantifying carbon footprint reduction opportunities for U.S households and communities. *Environ. Sci. Technol.*, pp. 4088-4095. <https://doi.org/10.1021/es102221h>.
- Jones, G. V., White, M. A., Cooper, O. R., & Strorchmann, K. (2005). Climate change and global wine quality, 73 (3). pp. 319-343. . <https://doi.org/10.1007/s10584-005-4704-2>.
- Keller, M. (2020). The science of grapevines. *Academic Press*.
- Leprieur, C., Kerr, Y. H., Mastorchio, S., & Meunier, J. C. (2000). Monitoring vegetation cover across semi-arid regions: Comparison of remote observations from various scales. *International Journal of Remote Sensing*, 21, pp. 281-300.
- Li, B., Fan, C. H., Zhang, H., Chen, Z. Z., Sun, L. Y., & Xiong, Z. Q. (2015). Combined effects of nitrogen fertilization and biochar on the net global warming potential, greenhouse gas intensity and net ecosystem budget in intensive vegetable agriculture in southeastern China. *Atmos. Environ.*, pp. 10-19. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2014.10.034>.
- Longbottom, M., & Petrie, P. (s.d.). Role of vineyard practices in generating and mitigating greenhouse gas emissions. *Australian journal of Grape and Wine Research*.
- Marques, F., Pedroso, V., & Pereira, J. (2018). Impact of cover cropping on carbon dioxide and nitrous oxide emissions in Portugal. *Atmospheric Pollution Research*, 9 (1), 105-111. <https://doi.org/10.1016/j.apr.2017.07.006>
- Marras, S., Masia, S., Duce, P., Spano, D., & Sirca, C. (2015). Carbon footprint assessment on a mature vineyard. *Agricultural and Forest Metereology* 214215 (4), pp. 350-356
- Meier, M. S., Stoessel, F., Jungbluth, N., Juraske, R., Schader, C., & Stolze, M. (2015). Environmental impacts of organic and conventional agricultural products - are the differences captured by life cycle assessment? . *J. Environ. Manag.* <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.10.006>.
- Moreira, C. (2013). Agricultura Biológica. *Revista de Ciência Elementar*.

- Mozell, M. R., & Tachn, L. (2014). The impact of climate change on the global wine industry: Challenges & solutions. *Wine Economics and Policy*, pp. 81-89. <https://doi.org/10.1016/j.wep.2014.08.001>.
- Myhre, G., Boucher, O., Breon, F., Forster, P., & Shindell, D. (2015). Declining uncertainty in transient climate response as CO₂ forcing dominates future climate change. *Nature Geoscience*, pp. 181-185.
- Neto, B., Dias, A. ., & Machado, M. (2013). Life cycle assesment of the supply chain of a Portuguese wine: from viticulture to distribution . *Int. J. Life Cycle Assess*, pp. 590-602.
- Nicolucci, V., Galli, A., Kitzes, J., Pulselli, R. M., Borsa, S., & Marchettini, N. (2008). Ecological footprint analysis applied to the production of two Italian wines. *Agric. Ecosyst. Environ.*, pp. 162-166.
- Nistor, E., Dobrei, A., Camen, D., Sala, F., & Prundeanu, H. (2017). N₂O,CO₂ and C sequestration in vineyards: a Review. *Water Air and Soil Pollution*
- Ojeda, H., Mestre Sanchis, F., Corbacho, L., Bouquet, A., & Carbonneau, A. (2010). Reduction of costs and emissions in vineyards by the use of low input technologies adapted to productions of good quality wines: genotypes resistant to fungal diseases and minima pruning - zero pruning systems. *Le Progres Agricole et Viticole* , pp. 431-440.
- Pagay, V., & Collins, C. (2017). Effects of timing and intensity of elevated temperatures on reproductive development of field-grown Shiraz grapevines. *Oeno One*, 51 (4), pp. 409-412. <https://doi.org/10.20870/oenone.2017.51.4.1066>.
- Palliotti, A., Tombesi, S., Silvestroni, O., Lanari, V., Gatti, M., & Poni, S. (2014). Changes in vineyard establishment and canopy management urged by earlier climate-related grape ripening: A review. *Scientia Horticulturae*, 178, pp. 43-54. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2014.07.039>.
- Pergola, M., Persiani, A., Pastore, V., Palese, A. ., Arous, A., & Celano, G. (2017). A comprehensive Life Cycle Assessment (LCA) of three apricot orchid systems located in Mentapontino area (Southern Italy). *J. Clean. Prod.*, pp. 4059-4071. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.10.030>.
- Pinto, R., Correia, C., Mourão, I., Moura, L., & Brito, L. M. (2023). Composting Waste from the White Wine Industry. *Sustainability 2023*, pp. 34-54. <https://doi.org/10.3390/su15043454>
- Plank, A., & Teichmann, K. (2018). A facts panel on corporate social and environmental behaviour: decreasing information asymmetries between producers and consumers through product labelling. *J. Clean. Prod.* 177, pp. 868-877. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.195>.
- Pomarici, E., & Vecchio, R. (2014). Millenial generation attitudes to sustainable wine: an exploratory study on Italian consumers. *J. Clean. Prod.* 66, pp. 537-545. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.10.058>.

- Ramos, M. C., & Martinez de Toda, F. (2020). Variability in the potencial effects of climate change on phenology and on grape composition of Tempranillo in three zones of the Rioja DOCa (Spain). *European Journal of Agronomy*, 115. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2020.126014>.
- Remaud, H., Forbes, S. L., & De Silva, T. A. (2012). Analysis of environmental management systems in New Zealand wineries. *Int. J. Wine. Bus. Res.* 24, pp. 98-114. <https://doi.org/10.1108/17511061211238902>
- Rinaldi, S., Barbanera, M., & Lascaro, E. (2014). Assessment of carbon footprint and energy performance of the extra virgin olive oil chain in Umbria, Italy. *Sci. Total Environ.*, pp. 71-79;482-483. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.02.104>.
- Roos, E., Sundberg, C., Tidaker, P., Strid, I., & Hansson, P. A. (2013). Can carbon footprint serve as an indicator of the environmental impact of meat production? *Ecol. Indic.* 24, pp. 573-581. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.08.004>.
- Rugani, B., Vázquez-Rowe, I., Benedetto, G., & Benetto, E. (2013). A comprehensive review of carbon footprint analysis as an extended environmental indicator in the wine sector. *J. Clean. Prod.* 54, pp. 61-77. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.04.036>
- Schleier, R. (2004). Constituintes Fitoquímicos de *Vitis vinifera* L. (uva). *Instituto Brasileiro de estudos Homeopáticos*.
- Schultz, H. R. (2000). Climate change and Viticulture: A European perspective on climatology, carbon dioxide and UV-B effects . *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 6 (1), pp. 2-12. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2000.tb00156.x>.
- Shcerback, I., Millar, N., & Robertson, G. P. (2014). Global metaanalysis of the nonlinear response of soil nitrous oxide (N₂O) emissions to fertilizer nitrogen. *Proc. Ntal. Acad. Sci.* 111 (25), pp. 9199-9204. <https://doi.org/10.1073/pnas.1322434111>.
- Silva, L. S. (2022). Evaluation of the carbon footprint of the life cycle of wine production: A review. *United States Environmental Protection Agency*.
- Smart, D. R., Wolff, M. W., Carslisle, E., & Del Mar Alsina Marti, M. (2009). Reducing Greenhouse Gas Emissions in the Vineyard: Advances in the Search to Develop More Sustainable Practices. *Department of viticulture & enology, University of California*.
- Smyth, M., & Russel, J. (2009). "From gradft to bottle" - analysis of energy use in viticulture and wine production and the potential for solar renewable technologies. *Renew. Sustain. Energy Rev.*
- Suddick, E. C., Steenwerth, K., Garland, G. M., Smart, D. R., & Six, J. (2011). Discerning agricultural management effects on nitrous oxide emissions from convention and alternative cropping systems: a California case study.

- Szonolki, G. (2013). A cross-national comparison of sustainability in the wine industry. *J. Clean. Prod.* 53, pp. 243-251. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.03.045>.
- Topp, E. (1993). Effects of selected agrochemicals on methane oxidation by an organic agricultural soil. *Can. J. Soil. Sci.* 77 (2), pp. 878-886. <https://doi.org/10.4141/cjss93-030>.
- van Leeuwen, C., & Seguin, G. (2006). The concept of terroir in viticulture. *Journal of Wine Research.* 17 (1), pp. 1-10. <https://doi.org/10.1080/09571260600633135>.
- Weidema, B. P., Thrane, M., Christensen, P., Schmidt, J., & Lokke, S. (2008). Carbon footprint. *J. Ind. Ecol.* 12, pp. 3-6. <https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2008.00005.x>.
- Williams, M. (2021). Piedmont Wine Region, Home of Italian Royalty and More. *Forbes*.
- Wohlfart, Y., Tittman, S., Schmidt, D., Rauhut, D., Honermeier, B., & Stoll, M. (2020). The effect of elevated CO₂ on berry development and bunch structure of *Vitis vinifera* L. cvs. Riesling and Cabernet Sauvignon. *Applied Sciences* 10 (7). <https://doi.org/10.3390/app10072486>.
- Wu, B., & Mu, C. (2019,). Effects on greenhouse gas (CH₄, CO₂, N₂O) emissions of conversion from over-manure forest to secondary forest and Korean pine plantation in Northeast China. *Forests* 2019, 10 (9). <https://doi.org/10.3390/f10090788>
- Zhang, J., Guo, Y., Han, J., Ji, Y., & Zhang, L. (2021). Greenhouse gas emissions and net global warming potential of vineyards under different fertilizer and water management in North China. *Agricultural Water Management, Elsevier, vol. 243 (C)*
- Zheng, W., del Galdo, V., García, J., Balda, P., & Martinez de Toda, F. (2017). Use of minimal pruning to delay fruit maturity and improve berry composition under climate change. *American Journal of Enology and Viticulture*, 68 (1), pp. 136-140. <https://doi.org/10.5344/ajev.2016.16038>.

7-Apêndices

Apêndice A – Dados das parcelas de *Barolo-Coste di Rose*

G.D. Vajra Vineyards			
Parcelas	área	Produtividade	pH
Nome das parcelas	hectares (ha)	kg/ha	< 7 or > 7 (solo)
BAROLO - COSTE DI ROSE			
BAR_NE_PREDA	0,15	1140	
BAR_NE_COSTE DI ROSE	1,62	9082	8,9
BAR_NE_BOSCHETTI	1,05	3900	

Apêndice B - Dados das parcelas de *Dogliani*

DOGLIANI - MADONNA DELLE GRAZIE	Área	Produtividade
DOG_DO ROLFO	2,93	17200
DOG_DO MNZO	3,61	29600
DOG_CH MANZO	0,91	5525

Apêndice C- Dados das parcelas de *Monte D'alba*

MONTE D'ALBA - S. SEBASTIANO	Área	Produtividade
MON_BA_RIVERA 2019	0,94	
MON_DO PROTTO	1,16	6480
MON_BA PROTTO 2018	1,63	18560
MON_DO FILARI LUNGHI + MON_BA_RIVERA 2019	1,26	6080

Apêndice D - Dados das parcelas de *Novello*

NOVELLO	Área	Produtividade
NOV_NE PIRA 2020	0,07	400
NOV_BA FARMACIA	1,73	16400
NOV_MIX_BIANCHI ACQUEDOTTO	2,15	
NOV_NE ACQUEDOTTO 2018	0,42	
NOV_NA CIMITERO 2018	0,28	
NOV_NA CAPELLA 2018	0,06	
NOV_MIX_BIANCHI ACQUEDOTTO +NOV_NE ACQUEDOTTO 2018 + NOV_NA CIMITERO 2018 + NOV_NA CAPELLA 2018	2,91	94200
NOV_NE ROTONDA	0,65	8100
NOV_NE RAVERA	4,81	

NOV_NE_RAVERA VV	0,91	4300
NOV_NE_RAVERA VG	0,37	
NOV_NE_RAVERA + NOV_NE_RAVERA VG	5,18	3300
NOV_ME_MERLI	0,44	4000
NOV_DO_DIETRO_CASCINA_RAVERA	1,03	
NOV_DO_MERLI	3,35	
NOV_DO_RAVERA_SOTTO_MERRIOLO	0,4	
NOV_DO_DIETRO_CASCINA_RAVERA +NOV_DO_MERLI + NOV_DO_RAVERA SOTTO_MERRIOLO	4,78	43000
NOV-NE_CERVIANO-MERLI	0,94	8000
NOV_FR_TARDITI	0,86	9400
NOV_NE_BARICALINO_2018	0,51	3900

Apêndice e – dados das parcelas *Vergne*

VERGNE	Área	Produtividade	pH
NAR_BA_MURATA_PINOT	0,89	18000	8,04
NAR_BA_MURATA_SOTTO_STRADA	1,24	10000	
NAR_BA_MURATA_PONCIBUE	1,8	8900	
NAR_BA_BERGERA	0,7	5700	
NAR_FR_BERGERA	0,74	6100	
NAR_NE_BERGERA	0,42	3200	
NAR_DO_SOTTO_CIMITERO BIANCO	0,35		
NAR_DO_SOTTO_CIMITERO_1 PONGIBUE	0,28		
NAR_DO_SOTTO_CIMITERO BIANCO + NAR_DO_SOTTO CIMITERO_1_PONGIBUE	0,63	4000	
BAR_BALAPOMINA	0,34	3000	
BAR_NE_LA_VOLTA	4,77	38000	8,18
BAR_AR_GHERCINA	0,93	7900	
BAR_NE_GIGI	0,48	4000	
BAR_BA_DC	0,17	1500	
BAR-NE_BDV_CIABOT	1,14	9500	
BAR_NE_BDV_DC_SOPRA_GIGI	1,42	11200	
BAR_SB_RITTANE	0,95	9600	
BAR_FR_CANTINA	0,71	4800	
BAR_NE_BDV_MICHELANGELO	0,47	3000	
BAR_NE_BDV_GESSO	1,98		
BAR_NE_BDV_GESSO2	0,13		
BAR_NE_BDV_GESSO + BAR_NE BDV_GESSO2	2,11	15000	
BAR_NE_BDV_RICU	0,49	3000	
BAR_BA_BDV_ROBERTO	0,18	1800	

BAR_NE BDV ROBERTO	0,2	1500	
BAR_NE BDV PINOT	0,27	2000	
BAR_NE BDV ANNATERESA	0,57	4500	
BAR_NE BDV VIGI	0,67	6600	8,16
BAR_NE BDV FINO	0,3	3000	
BAR_NE MDV MURETTO	0,56	2500	
NAR_BA BERGEISA	0,33	5700	
NAR_DO PASCOLO BASSO	0,32	5100	
BAR_DO PASCOLO ALTO	0,32	5100	
NAR_DO PASCOLO BASSO + BAR_DO PASCOLO ALTO	0,64	5100	
NAR_BA PASSAU ZIO VIGIOT	0,87	5000	8,29
NAR_DO VIGI	0,29	2800	
NAR_BA PASSAU ZIO FRANCO	0,79	6000	8,34
NAR_DO COSTE VERGNE	2,01	10000	
BAR_RR FOSSATI	0,64	2450	
BAR_DO FOSSATI	1,86	12000	
BAR_BA FOSSATI	0,72	5400	
BAR_NE FOSSATI DC	1,14	8000	
BAR_NE FOSSATI VJ	0,57	4000	8,25
BAR_NE FOSSATI PC	0,56	5000	
LAM_PN BRICCO	1,15	6200	
LAM_DO BRICCO	0,43	12000	
BAR_BA SANPIETRO	0,37	1700	
BAR_NE MARIANGELA	0,16	1300	
BAR_NE BDV DC	1,72	12700	
BAR_NE BDV MASINO	0,25		8,13
BAR_NE BDV GIGI	0,34		
BAR_NE BDV MASINO + BAR_NE BDV GIGI	0,59	4800	

Apêndice F – dados das parcelas *Farigliano*

FARIGLIANO	Área	Produtividade	pH
FAR_DO BLUROT	0,73	3100	
FAR_DO BALLAURI	2,08	20000	
FAR_DO CURSALET OCELLI	1,83	14000	
FAR_DO MILANO GENE	0,38	3000	
FAR_CT PINA	0,26	2400	
FAR_CS_GARINO	0,66	3300	
FAR_DO BRICCO ROSSO 2022	3,16	0	8,30/8.70
FAR_DO BRICCO ROSSO 2020	2,38		
FAR_DO BRICCO ROSSO BASSO 2019	0,33		
FAR_DO BRICCO ROSSO 2019	0,28		

FAR_DO BRICCO ROSSO 2020+FAR_DO BRICCO ROSSO BASSO 2019+FAR_DO BRICCO ROSSO 2019	2,99	6800	
FAR_DO BRICCO ROSSO 2021	0,22	0	8,15
FAR_SL_CASABIANCA 2021	0,3	6300	
FAR_DO PIERVITO	0,48	2000	
FAR_SL MONTERUSTICO 2018	0,24	1200	
FAR_DO MILANO	0,67	5000	
FAR_SL_CASABIANCA 2021	0,3	6300	
FAR_DO PIERVITO	0,48	2000	
FAR_CH MONTERUSTICO	0,56		8,50/8.60
FAR_SL MONTERUSTICO 2018	0,24	1200	
FAR_DO MILANO	0,67	5000	

Apêndice G – Dados das parcelas de *Barolo-Coste di Rose* (Diesel)

Fuel			
Tipo	Quantidade		
Gas, diesel, etc	L/ha (120 a 150 L/Ha media)	Kg Carbono emitido	Ton CO2eq
BAR_NE_PEDA	18	47,37	0,05
BAR_NE_COSTE DI ROSE	194,4	521,53	0,52
BAR_NE_BOSCHETTI	126	338,03	0,34

Apêndice H – Dados das parcelas de *Dogliani* (Diesel)

	L/ha	Kg Carbono emitido	Ton CO2eq
DOG_DO ROLFO	439,5	1179,08	1,18
DOG_DO MNZO	541,5	1452,72	1,45
DOG_CH MANZO	136,5	366,20	0,37

Apêndice I – Dados das parcelas de *Novello* (Diesel)

	L/ha	Kg Carbono	Ton CO2eq
--	------	------------	-----------

		emitido	
NOV_NE PIRA 2020	9,45	25,35	0,03
NOV_BA FARMACIA	233,55	626,56	0,63
NOV_MIX_BIANCHI ACQUEDOTTO	290,25	778,67	0,78
NOV_NE ACQUEDOTTO 2018	56,7	152,11	0,15
NOV_NA CIMITERO 2018	37,8	101,41	0,10
NOV_NA CAPELLA 2018	8,1	21,73	0,02
NOV_MIX_BIANCHI ACQUEDOTTO +NOV_NE ACQUEDOTTO 2018 + NOV_NA CIMITERO 2018 + NOV_NA CAPELLA 2018	392,85	1053,93	1,05
NOV_NE ROTONDA	87,75	235,41	0,24
NOV_NE RAVERA	649,35	1742,06	1,74
NOV_NE_RAVERA VV	122,85	329,58	0,33
NOV_NE_RAVERA VG	49,95	134,00	0,13
NOV_NE RAVERA + NOV_NE_RAVERA VG	699,3	1876,06	1,88
NOV_ME MERLI	59,4	159,36	0,16
NOV_DO DIETRO CASCINA RAVERA	139,05	373,04	0,37
NOV_DO MERLI	452,25	1213,28	1,21
NOV_DO RAVERA SOTTO MERRIOLO	54	144,87	0,14
NOV_DO DIETRO CASCINA RAVERA +NOV_DO MERLI + NOV_DO RAVERA SOTTO MERRIOLO	645,3	1731,19	1,73
NOV-NE CERVIANO-MERLI	126,9	340,44	0,34
NOV_FR TARDITI	116,1	311,47	0,31
NOV_NE BARICALINO 2018	68,85	184,71	0,18

Apêndice J – Dados das parcelas de *Monte d'alba* (Diesel)

	L/ha	Kg Carbono emitido	Ton CO2eq
--	------	--------------------	-----------

MON_BA_RIVERA 2019	122,2	327,83	0,33
MON_DO PROTTO	150,8	404,56	0,40
MON_BA PROTTO 2018	211,9	568,48	0,57
MON_DO FILARI LUNGHI + MON_BA_RIVERA 2019	163,8	439,44	0,44

Apêndice K – Dados das parcelas de *Vergne* (Diesel)

	L/ha	Kg Carbono emitido	Ton CO2eq
NAR_BA MURATA PINOT	106,8	286,52	0,29
NAR_BA MURATA SOTTO STRADA	148,8	399,20	0,40
NAR_BA MURATA PONCIBUE	216	579,48	0,58
NAR_BA BERGERA	84	225,35	0,23
NAR_FR BERGERA	88,8	238,23	0,24
NAR_NE BERGERA	50,4	135,21	0,14
NAR_DO SOTTO CIMITERO BIANCO	42	112,68	0,11
NAR_DO SOTTO CIMITERO 1 PONGIBUE	33,6	90,14	0,09
NAR_DO SOTTO CIMITERO BIANCO + NAR_DO SOTTO CIMITERO 1 PONGIBUE	75,6	202,82	0,20
BAR_BALAPOMINA	40,8	109,46	0,11
BAR_NE LA VOLTA	572,4	1535,62	1,54
BAR_AR GHERCINA	111,6	299,40	0,30
BAR_NE GIGI	57,6	154,53	0,15
BAR_BA DC	20,4	54,73	0,05
BAR-NE BDV CIABOT	136,8	367,00	0,37
BAR_NE BDV DC SOPRA GIGI	170,4	457,14	0,46
BAR_SB RITTANE	114	305,84	0,31
BAR_FR CANTINA	85,2	228,57	0,23
BAR_NE BDV MICHELANGELO	56,4	151,31	0,15
BAR_NE BDV GESSO	237,6	637,43	0,64
BAR_NE BDV	15,6	41,85	0,04

GESSO2			
BAR_NE BDV GESSO + BAR_NE BDV GESSO2	253,2	679,28	0,68
BAR_NE BDV RICU	58,8	157,75	0,16
BAR_BA BDV ROBERTO	21,6	57,95	0,06
BAR_NE BDV ROBERTO	24	64,39	0,06
BAR_NE BDV PINOT	32,4	86,92	0,09
BAR_NE BDV ANNATERESA	68,4	183,50	0,18
BAR_NE BDV VIGI	80,4	215,69	0,22
BAR_NE BDV FINO	36	96,58	0,10
BAR_NE MDV MURETTO	67,2	180,28	0,18
NAR_BA BERGEISA	39,6	106,24	0,11
NAR_DO PASCOLO BASSO	38,4	103,02	0,10
BAR_DO PASCOLO ALTO	38,4	103,02	0,10
NAR_DO PASCOLO BASSO + BAR_DO PASCOLO ALTO	76,8	206,04	0,21
NAR_BA PASSAU ZIO VIGIOT	104,4	280,08	0,28
NAR_DO VIGI	34,8	93,36	0,09
NAR_BA PASSAU ZIO FRANCO	94,8	254,33	0,25
NAR_DO COSTE VERGNE	241,2	647,08	0,65
BAR_RR FOSSATI	76,8	206,04	0,21
BAR_DO FOSSATI	223,2	598,79	0,60
BAR_BA FOSSATI	86,4	231,79	0,23
BAR_NE FOSSATI DC	136,8	367,00	0,37
BAR_NE FOSSATI VJ	68,4	183,50	0,18
BAR_NE FOSSATI PC	67,2	180,28	0,18
LAM_PN BRICCO	138	370,22	0,37
LAM_DO BRICCO	51,6	138,43	0,14
BAR_BA SANPIETRO	44,4	119,11	0,12
BAR_NE MARIANGELA	19,2	51,51	0,05
BAR_NE BDV DC	206,4	553,72	0,55
BAR_NE BDV	30	80,48	0,08

MASINO			
BAR_NE BDV GIGI	40,8	109,46	0,11
BAR_NE BDV MASINO + BAR_NE BDV GIGI	70,8	189,94	0,19
NAR_BA MURATA PINOT	0	0,00	0,00

Apêndice L – Dados das parcelas de *Farigliano*(Diesel)

	L/ha	Kg Carbono emitido	Ton CO2eq
FAR_DO BLUROT	109,5	293,76	0,29
FAR_DO BALLAURI	312	837,02	0,84
FAR_DO CURSALET OCELLI	274,5	736,42	0,74
FAR_DO MILANO GENE	57	152,92	0,15
FAR_CT PINA	39	104,63	0,10
FAR_CS_GARINO	99	265,59	0,27
FAR_DO BRICCO ROSSO 2022	474	1271,63	1,27
FAR_DO BRICCO ROSSO 2020	357	957,75	0,96
FAR_DO BRICCO ROSSO BASSO 2019	49,5	132,80	0,13
FAR_DO BRICCO ROSSO 2019	42	112,68	0,11
FAR_DO BRICCO ROSSO 2020+FAR_DO BRICCO ROSSO BASSO 2019+FAR_DO BRICCO ROSSO 2019	448,5	1203,22	1,20
FAR_DO BRICCO ROSSO 2021	33	88,53	0,09
FAR_SL_CASABIANCA 2021	45	120,72	0,12
FAR_DO PIERVITO	72	193,16	0,19
FAR_SL MONTERUSTICO 2018	36	96,58	0,10
FAR_DO MILANO	100,5	269,62	0,27
FAR_SL_CASABIANCA 2021	45	120,72	0,12
FAR_DO PIERVITO	72	193,16	0,19
FAR_CH MONTERUSTICO	84	225,35	0,23
FAR_SL	36	96,58	0,10

MONTERUSTICO 2018			
FAR_DO MILANO	100,5	269,62	0,27

Apêndice M – Dados das parcelas de *Barolo*(Azoto)

Modo de aplicação	Quantidade total		
Aplicado no solo	kg (Specify if units are kg/fertilizer or kg/N)	kg N emitido	TonCO2eq
	kg/N		
BAR_NE_PREDA	2,856	106,994	0,107
BAR_NE_COSTE DI ROSE	30,8448	1155,534	1,156
BAR_NE_BOSCHETTI	19,992	748,957	0,749

Apêndice N– Dados das parcelas de *Dogliani*(Azoto)

	kg/N	kg N emitido	TonCO2eq
DOG_DO ROLFO	55,7872	2089,948	2,090
DOG_DO MNZO	68,7344	2574,987	2,575
DOG_CH MANZO	17,3264	649,096	0,649

Apêndice O – Dados das parcelas de *Dogliani*(Azoto)

	kg/N	kg N emitido	TonCO2eq
MON_BA_RIVERA 2019	17,8976	670,495	0,670
MON_DO PROTTO	22,0864	827,420	0,827
MON_BA PROTTO 2018	31,0352	1162,667	1,163
MON_DO FILARI LUNGHI + MON_BA_RIVERA 2019	23,9904	898,749	0,899

Apêndice P– Dados das parcelas de *Novello*(Azoto)

	kg/N	kg N emitido	TonCO2eq
NOV_NE PIRA 2020	1,3328	49,930	0,050
NOV_BA FARMACIA	32,9392	1233,997	1,234
NOV_MIX_BIANCHI ACQUEDOTTO	40,936	1533,580	1,534
NOV_NE ACQUEDOTTO 2018	7,9968	299,583	0,300
NOV_NA CIMITERO 2018	5,3312	199,722	0,200
NOV_NA CAPELLA 2018	1,1424	42,798	0,043
NOV_MIX_BIANCHI ACQUEDOTTO +NOV_NE ACQUEDOTTO 2018 + NOV_NA CIMITERO 2018 + NOV_NA CAPELLA 2018			
NOV_NE ROTONDA	12,376	463,640	0,464
NOV_NE RAVERA	91,5824	3430,938	3,431
NOV_NE_RAVERA VV	17,3264	649,096	0,649
NOV_NE_RAVERA VG	7,0448	263,918	0,264
NOV_NE RAVERA + NOV_NE_RAVERA VG			
NOV_ME MERLI	8,3776	313,849	0,314
NOV_DO DIETRO CASCINA RAVERA	19,6112	734,692	0,735
NOV_DO MERLI	63,784	2389,531	2,390
NOV_DO RAVERA SOTTO MERRIOLO	7,616	285,317	0,285

Apêndice Q – Dados das parcelas de Vergne(Azoto)

	kg/N	kg N emitido	TonCO2eq
NAR_BA MURATA PINOT	16,9456	634,831	0,635
NAR_BA MURATA SOTTO STRADA	23,6096	884,483	0,884
NAR_BA MURATA PONCIBUE	34,272	1283,927	1,284
NAR_BA BERGERA	13,328	499,305	0,499
NAR_FR BERGERA	14,0896	527,837	0,528
NAR_NE BERGERA	7,9968	299,583	0,300
NAR_DO SOTTO CIMITERO BIANCO	6,664	249,652	0,250
NAR_DO SOTTO CIMITERO 1 PONGIBUE	5,3312	199,722	0,200
NAR_DO SOTTO CIMITERO BIANCO + NAR_DO SOTTO CIMITERO 1 PONGIBUE			
BAR_BALAPOMINA	6,4736	242,520	0,243
BAR_NE LA VOLTA	90,8208	3402,407	3,402
BAR_AR GHERCINA	17,7072	663,362	0,663
BAR_NE GIGI	9,1392	342,381	0,342
BAR_BA DC	3,2368	121,260	0,121

BAR-NE BDV CIABOT	21,7056	813,154	0,813
BAR_NE BDV DC SOPRA GIGI	27,0368	1012,876	1,013
BAR_SB RITTANE	18,088	677,628	0,678
BAR_FR CANTINA	13,5184	506,438	0,506
BAR_NE BDV MICHELANGELO	8,9488	335,248	0,335
BAR_NE BDV GESSO	37,6992	1412,320	1,412
BAR_NE BDV GESSO2	2,4752	92,728	0,093
BAR_NE BDV GESSO + BAR_NE BDV GESSO2			
BAR_NE BDV RICU	9,3296	349,513	0,350
BAR_BA BDV ROBERTO	3,4272	128,393	0,128
BAR_NE BDV ROBERTO	3,808	142,659	0,143
BAR_NE BDV PINOT	5,1408	192,589	0,193
BAR_NE BDV ANNATERESA	10,8528	406,577	0,407
BAR_NE BDV VIGI	12,7568	477,906	0,478
BAR_NE BDV FINO	5,712	213,988	0,214
BAR_NE MDV MURETTO	10,6624	399,444	0,399
NAR_BA BERGEISA	6,2832	235,387	0,235
NAR_DO PASCOLO BASSO	6,0928	228,254	0,228
BAR_DO PASCOLO ALTO	6,0928	228,254	0,228
NAR_DO PASCOLO BASSO + BAR_DO PASCOLO ALTO	12,1856	456,507	0,457
NAR_BA PASSAU ZIO VIGIOT	16,5648	620,565	0,621
NAR_DO VIGI	5,5216	206,855	0,207
NAR_BA PASSAU ZIO FRANCO	15,0416	563,501	0,564
NAR_DO COSTE VERGNE	38,2704	1433,719	1,434
BAR_RR FOSSATI	12,1856	456,507	0,457
BAR_DO FOSSATI	35,4144	1326,725	1,327
BAR_BA FOSSATI	13,7088	513,571	0,514
BAR_NE FOSSATI DC	21,7056	813,154	0,813
BAR_NE FOSSATI VJ	10,8528	406,577	0,407
BAR_NE FOSSATI PC	10,6624	399,444	0,399
LAM_PN BRICCO	21,896	820,287	0,820
LAM_DO BRICCO	8,1872	306,716	0,307
BAR_BA SANPIETRO	7,0448	263,918	0,264
BAR_NE MARIANGELA	3,0464	114,127	0,114
BAR_NE BDV DC	32,7488	1226,864	1,227
BAR_NE BDV MASINO	4,76	178,323	0,178
BAR_NE BDV GIGI	6,4736	242,520	0,243
BAR_NE BDV MASINO + BAR_NE BDV GIGI			
NAR_BA MURATA PINOT	0	0,000	0,000

Apêndice R – Dados das parcelas de *Farigliano*(Azoto)

	kg/N	kg N emitido	TonCO2eq
FAR_DO BLUROT	13,8992	520,704	0,521
FAR_DO BALLAURI	39,6032	1483,649	1,484
FAR_DO CURSALET OCELLI	34,8432	1305,326	1,305
FAR_DO MILANO GENE	7,2352	271,051	0,271
FAR_CT PINA	4,9504	185,456	0,185
FAR_CS_GARINO	12,5664	470,773	0,471
FAR_DO BRICCO ROSSO 2022	60,1664	2254,005	2,254
FAR_DO BRICCO ROSSO 2020	45,3152	1697,637	1,698
FAR_DO BRICCO ROSSO BASSO 2019	6,2832	235,387	0,235
FAR_DO BRICCO ROSSO 2019	5,3312	199,722	0,200
FAR_DO BRICCO ROSSO 2020+FAR_DO BRICCO ROSSO BASSO 2019+FAR_DO BRICCO ROSSO 2019			
FAR_DO BRICCO ROSSO 2021	4,1888	156,924	0,157
FAR_SL_CASABIANCA 2021	5,712	213,988	0,214
FAR_DO PIERVITO	9,1392	342,381	0,342
FAR_SL MONTERUSTICO 2018	4,5696	171,190	0,171
FAR_DO MILANO	12,7568	477,906	0,478
FAR_SL_CASABIANCA 2021	5,712	213,988	0,214
FAR_DO PIERVITO	9,1392	342,381	0,342
FAR_CH MONTERUSTICO	10,6624	399,444	0,399
FAR_SL MONTERUSTICO 2018	4,5696	171,190	0,171
FAR_DO MILANO	12,7568	477,906	0,478

Apêndice S – Mapas relativos às varias ZG

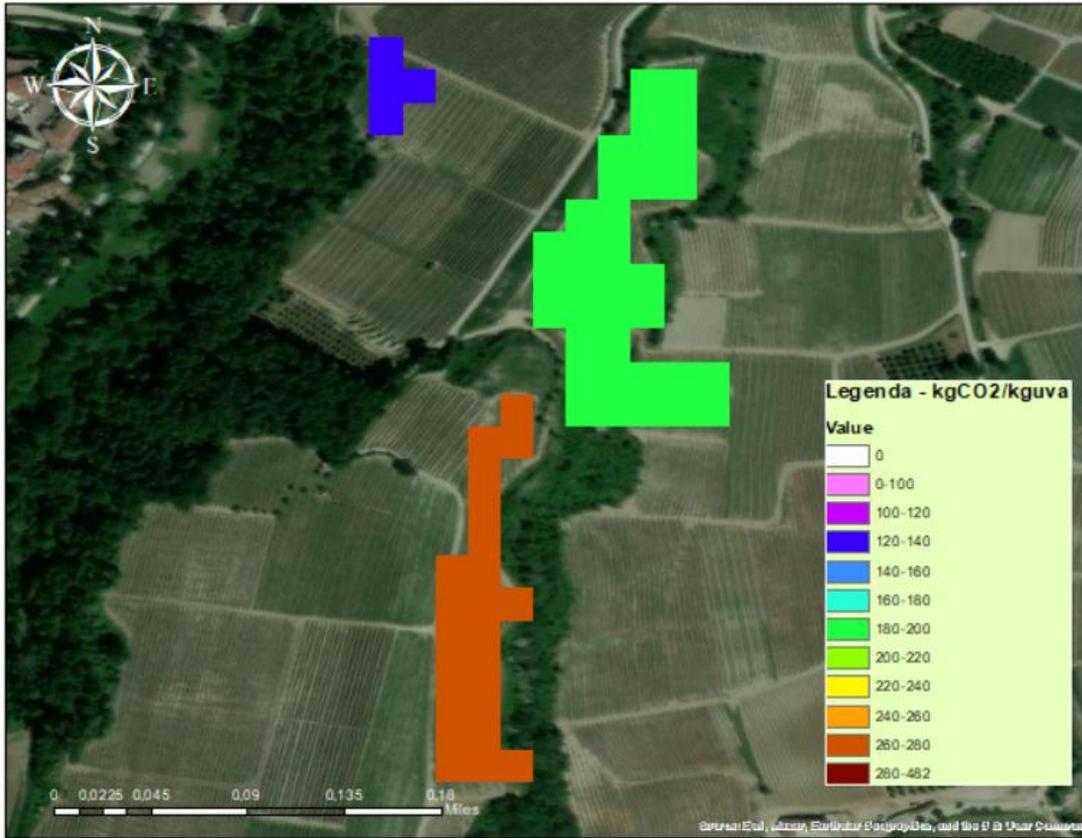


Figura 1 - emissões (kgco2eq/kguva) – Barolo

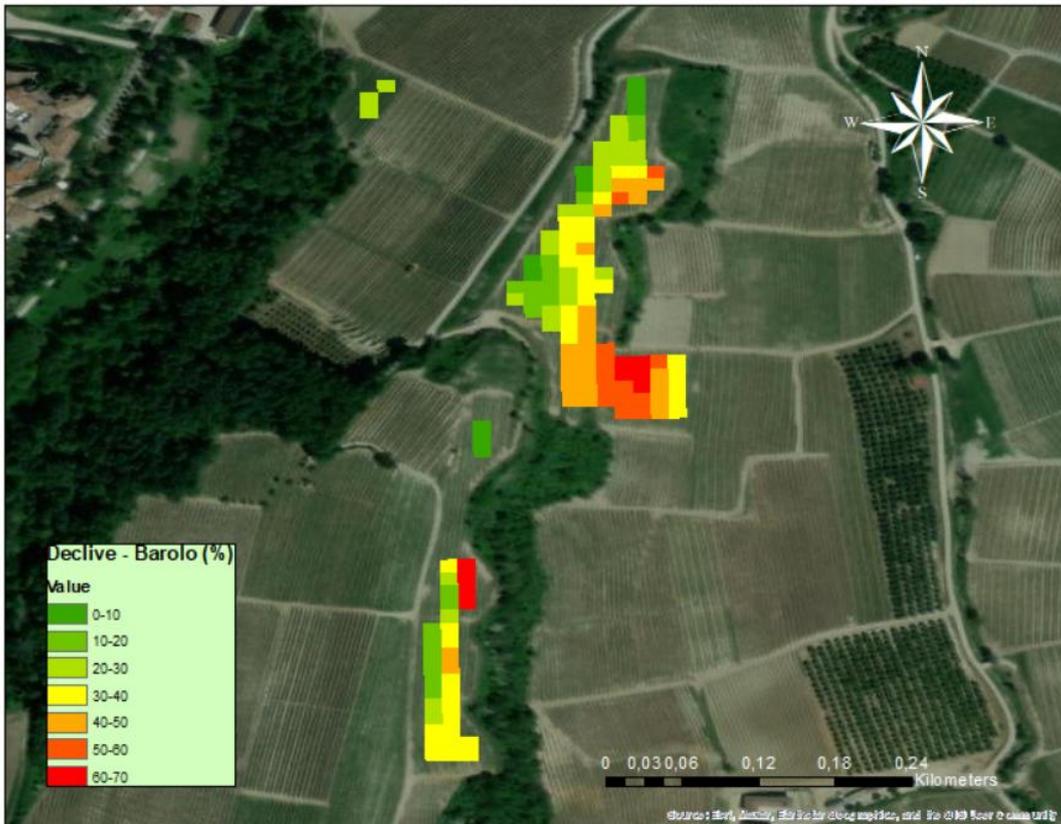


Figura 2 - Declive (barolo)



Figura 3 - Altitude (barolo)

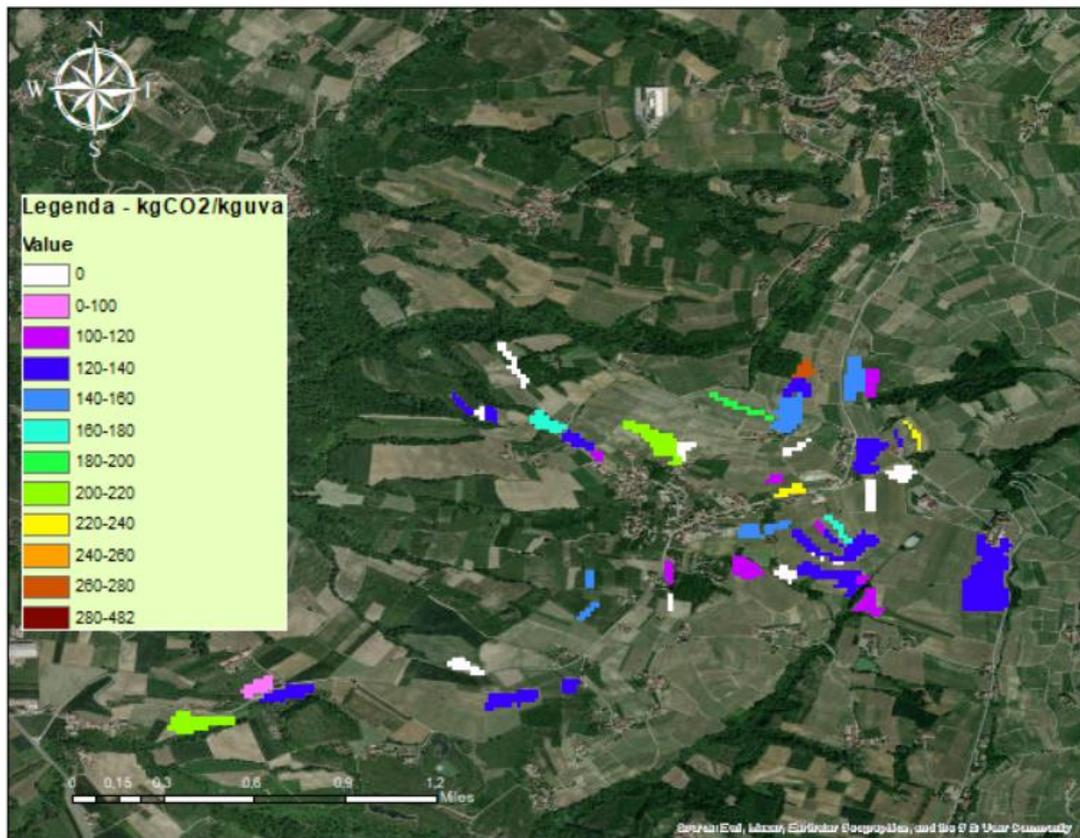


Figura 4 - emissões (kgco2eq/kguva) – Vergne

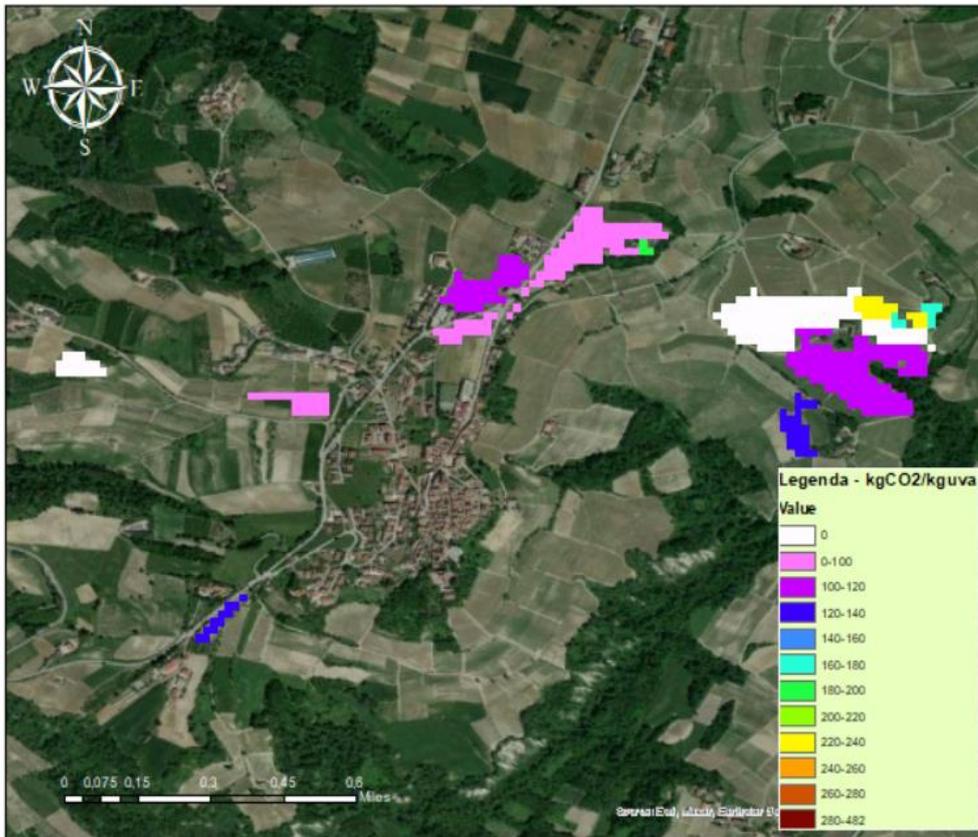


Figura 7 - emissões (kgco2eq/kguva) – novello

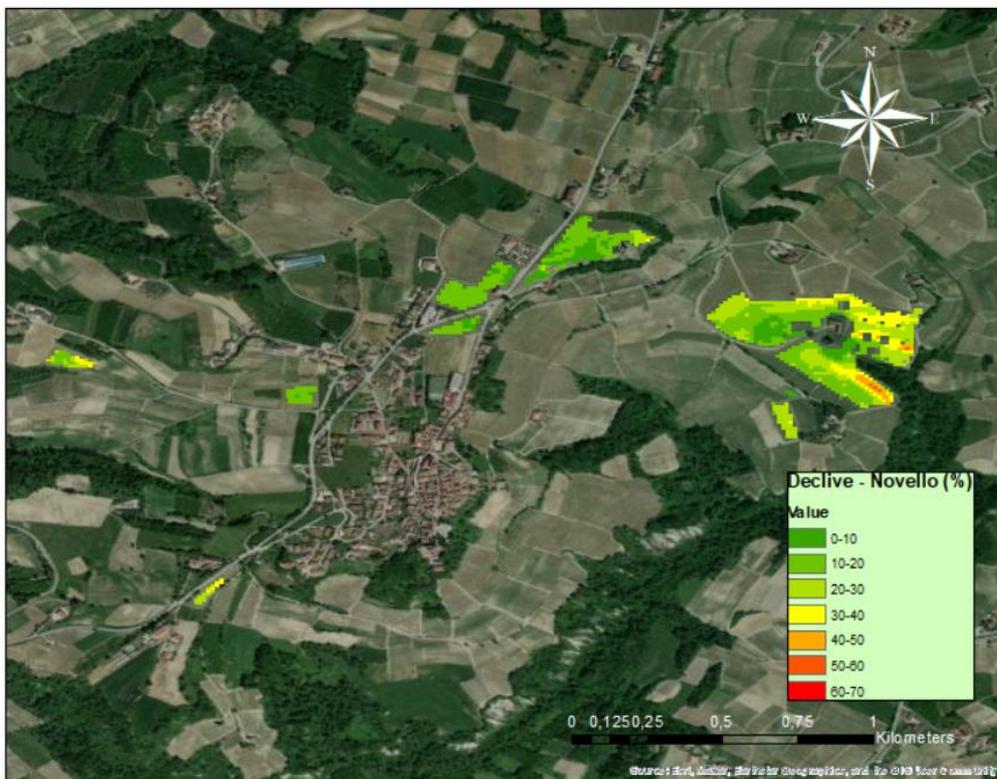


Figura 8 - declive (novello)



Figura 9 - Altitude (novello)

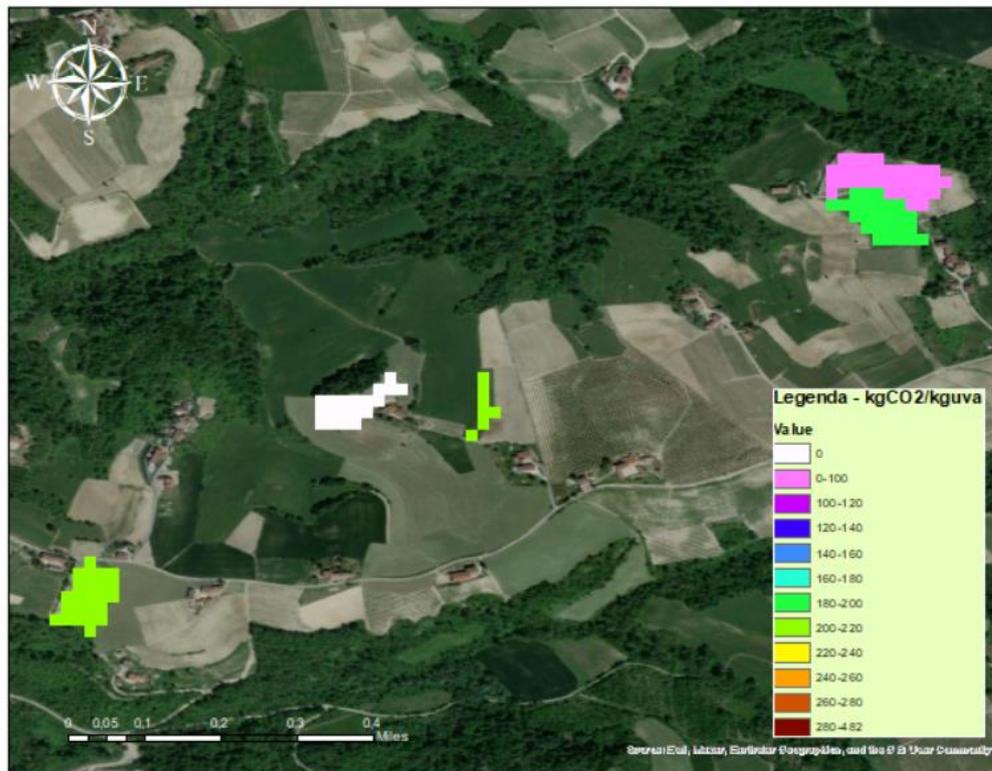


Figura 10 - emissões (kgco2eq/kguva) - Monte d'alba

