

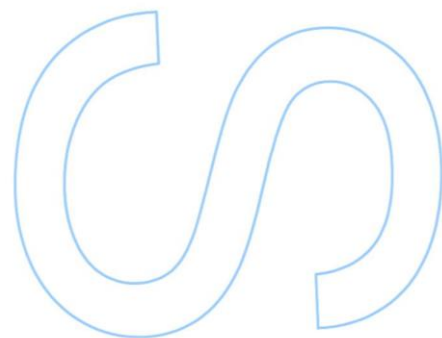
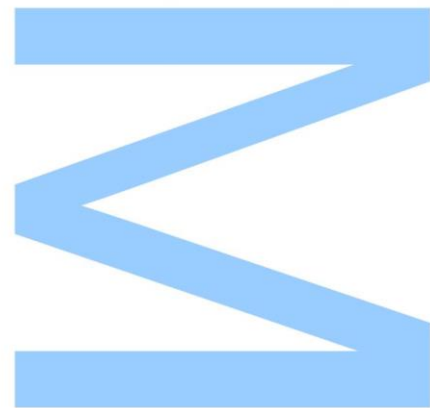
Avaliação do efeito da calagem e da frequência de cortes na produtividade e qualidade nutricional da Luzerna

Beatriz Nunes Piteira Leandro Tola

Mestrado em Engenharia Agronómica

Faculdade de Ciências

2021



Avaliação do efeito da calagem e da frequência de cortes na produtividade e qualidade nutricional da Luzerna

Beatriz Nunes Piteira Leandro Tola

Mestrado em Engenharia Agronómica

Faculdade de Ciências

2021

Orientador

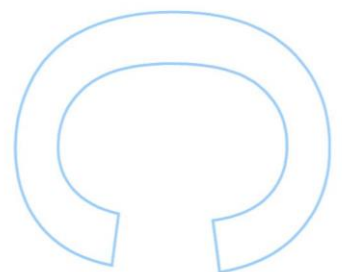
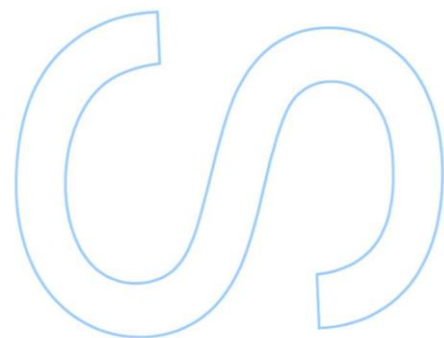
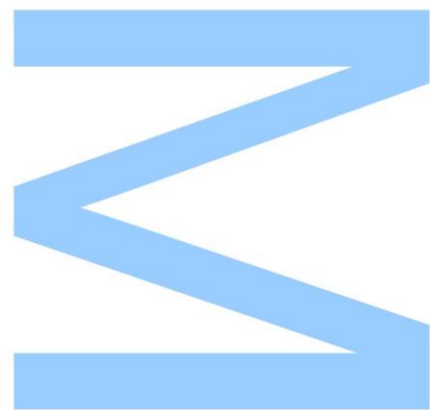
Maria Eugénia Nunes, Professora Auxiliar,

Faculdade de Ciências

Coorientador

António Mira da Fonseca, Professor Associado,

Instituto de Ciências Biomédicas Abel Salazar

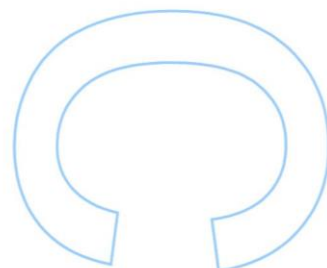
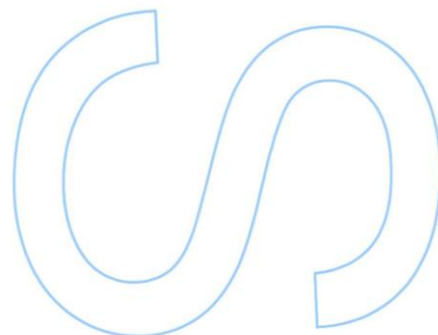
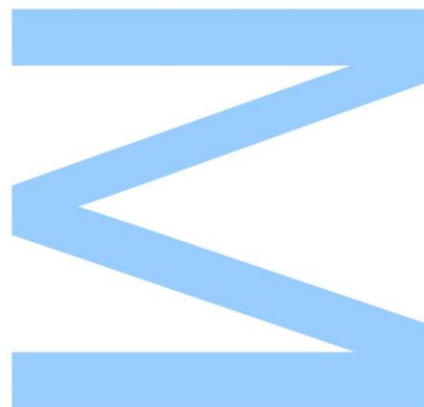




Todas as correções determinadas
pelo júri, e só essas, foram efetuadas.

O Presidente do Júri,

Porto, ____/____/____



Agradecimentos

Em primeiro lugar quero agradecer à minha orientadora, à Professora Doutora Maria Eugénia Nunes, pela a orientação, persistência e partilha comigo ao longo deste percurso. Sem dúvida que sem a sua ajuda, a sua paciência e a sua bondade este trabalho seria impossível.

Também quero agradecer ao Professor Doutor António Mira da Fonseca, pela sua recetividade e oportunidade de realizar esta dissertação e o trabalho experimental, no Laboratório de Ciência Animal, do Instituto de Ciências Biomédicas Abel Salazar, Universidade do Porto, onde pude aprender e criar novas valências.

Não posso deixar de agradecer à Dona Fernanda, do Campus de Vairão, onde me acolheu, ouviu e tanto me ajudou. Para além, de me ensinar sobre agricultura, ajudou-me muito no ensino pessoal, a ganhar esperança e coragem para a minha vida.

Quero agradecer à Sílvia, do Laboratório de Ciência Animal, do Instituto de Ciências Biomédicas Abel Salazar, que tanto me compreendeu e nunca hesitou em ajudar-me. Também sem ela, este trabalho não seria possível.

Há pessoas que entram na nossa vida com o propósito de nos tornar em pessoas melhores, felizes e amadas. Uma dessas pessoas é a minha grande amiga Maria do Rosário Félix, que desde que eu comecei o meu percurso na área agrícola, nunca me largou, esteve sempre ao meu lado e foi uma peça fundamental para onde hoje eu estou. Para além da ajuda profissional, foi a ajuda essencial para a minha vida pessoal, com a palavra de coragem que eu sempre procurava. Muito, muito obrigada.

Também quero agradecer ao meu tio de coração Marcelino Benta, que me acolheu com muito amor e carinho. Nunca poderei ter palavras para lhe agradecer tudo o que por mim fez, mas posso garantir que o levarei sempre comigo pela vida fora.

Aos meus pais, e que pais, para mim são os melhores que a vida me podia dar. Estão sempre lá, no mesmo sítio, a verem-me voar, mas sempre com os braços abertos para me aparem nas quedas que dou. Têm um orgulho em mim que me enche de alegria e de coragem para conquistar tudo.

À minha família, ao meu irmão, aos meus primos, aos meus tios e afilhadas. Foram e são a peça fundamental para continuar. Aos meus amigos, aos desde sempre e àqueles que a vida académica e profissional me deu. A vida é feita de momentos, e os melhores são feitos ao lado da família e dos amigos. Obrigada.

Agradecer aos que já partiram, avó Luísa, avô Chico e tia Zézinha, eu sei que estão sempre a olhar por mim, que me abençoam e nunca me deixam sozinha na vida. Muitas saudades.

Ao padrinho José Amante, que acredito que teria muito orgulho em mim. Obrigada por ter ensinado os verdadeiros valores da vida à minha mãe, tio e avó. Está muito presente entre nós.

Quero agradecer ao eterno amor da minha vida, à minha Maria Rita. É tudo para mim.

Por fim, gostaria de dedicar esta dissertação ao meu avô Piteira, que me deixou fisicamente antes de eu poder mostrar-lhe o meu sucesso. Obrigada por me ensinar a amar agricultura.

Resumo

A União Europeia tem como objetivos reduzir a pegada ambiental e climática do seu sistema alimentar e reforçar a sua resiliência, assegurar a segurança alimentar face às alterações climáticas e à perda de biodiversidade e liderar uma transição mundial para a sustentabilidade competitiva do prato ao prato, explorando as novas oportunidades. Neste sentido é fundamental que o setor pratense e forrageiro esteja atento às necessárias adaptações/atualizações produtivas para que, consiga, de uma forma eficiente e sustentável, aumentar a produtividade, qualidade e persistência das pastagens e obter forragem de qualidade. Em particular no Entre Douro e Minho que é caracterizado por um sistema de produção intensivo de vacas para leite, e onde existe uma elevada necessidade de aprovisionamento de alimentos de alta qualidade para suplementação alimentar, provenientes de duas gramíneas forrageiras. Assim, é desejável a integração de uma forrageira leguminosa, uma vez que têm um elevado potencial de adaptação a diversas condições edáfico-climáticas, elevada capacidade de fixação do azoto atmosférico, elevado teor de proteína bruta e uma maior preferência de ingestão por parte dos animais. A luzerna (*Medicago sativa* L.) é a leguminosa com maior capacidade produtiva, produzindo forragem com um elevado teor proteico e com proteína de elevado valor biológico, sendo comumente conhecida como “a rainha das forragens”. Requer solos com um pH neutro a fracamente alcalino, variando entre de 6,6 a 7,5. A seleção de um cronograma de cortes é necessária para a produção de uma forragem e começa com a decisão sobre a qualidade da forragem desejada, devendo incluir o número de cortes por campanha, estado de maturação da planta e intervalo entre cortes. Para permitir a integração da luzerna no sistema de produção do Entre Douro e Minho, para além da correção do pH do solo, é necessário estudar a adaptação de variedades às condições edafoclimáticas desta região assim como a condução desta cultura perene. No sentido de contribuir para a inclusão da luzerna no sistema produtivo da região do Entre Douro e Minho, analisou-se o efeito da calagem e da frequência de cortes no rendimento e na qualidade de duas variedades de luzerna. O ensaio foi conduzido com delineamento completamente casualizado em 24 parcelas de 16 m², correspondentes a 2 tratamentos de calagem, 2 variedades, 2 frequências de cortes (intervalo de 30 e 60 dias) e 3 repetições. A correção do pH do solo teve um efeito significativo ($p < 0,05$) na disponibilidade dos nutrientes no solo, no rendimento (rendimento médio com tratamento de cal foi de 12,09 ton/ha e o rendimento sem calagem foi de 3,51 ton/ha) e na qualidade da luzerna. Nos cortes mensais, obtiveram-se rendimento (peso cumulativo dos 4 cortes

mensais foi de 6,2 Kg; peso cumulativo dos dois cortes bimensais foi de 3,9 Kg) e qualidade superiores em relação aos cortes bimensais

Palavras-chave: *Medicago sativa* L., rendimento, pH do solo, valor nutritivo, matéria seca, digestibilidade, proteína.

Abstract

The European Union aims to reduce the environmental and climate footprint of its food system and strengthen its resilience, ensure food security in the face of climate change and biodiversity loss and lead a global transition to competitive sustainability from grass to plate, exploring new opportunities. In this sense, it is essential that the grass and forage sector is aware of the necessary productive adaptations/upgrades so that it can, in an efficient and sustainable way, increase the productivity, quality and persistence of pastures and obtain quality forage. In the Entre Douro e Minho region which is characterized by an intensive production system of dairy cows, where there is a high need for supply of high-quality food for food supplementation, coming from two forage grasses. Therefore, the integration of a forage legume is desirable, since they have a high potential for adaptation to various soil and climate conditions, high capacity to fix atmospheric nitrogen, high crude protein content and a greater preference for ingestion by the animals. Lucerne (*Medicago sativa* L.) is the legume with the greatest productive capacity, producing forage with a high protein content and with high biological value protein, and is commonly known as "the queen of forage". It requires soils with a neutral to weakly alkaline pH, ranging from 6.6 to 7.5. The selection of a cutting schedule is necessary for forage production, beginning with the deciding on forage quality, including plant maturity stage, frequency and the number of cuts per season.

To enable the integration of lucerne in the production system of Entre Douro e Minho, it is necessary to study the adaptation of varieties to the soil and climate conditions of this region as well as the management of this perennial crop. In this study, the effect of liming and cutting frequency on the yield and quality of two varieties of lucerne was analyzed. The trial was conducted in a completely randomized design in 24 plots of 16 m², corresponding to 2 liming treatments, 2 varieties, 2 cutting frequencies (30 and 60 days-interval) and 3 repetitions. Soil pH correction had a significant effect ($p < 0,05$) on the availability of nutrients in the soil, on yield (yield with lime treatment was 12.09 ton/ha and yield without lime was 3.51 ton/ha), and on quality of alfalfa. The monthly cuts provided forage of superior yield (cumulative weight of the 4 monthly cuts was 6.2 kg; cumulative weight of the two bimonthly cuts was 3.9 kg), and quality as compared to the bimonthly cuts.

Key words: *Medicago sativa* L., yield, soil pH, nutritive value, dry matter, digestibility, protein.

Índice

1-Introdução.....	14
2- Revisão Bibliográfica.....	18
2.1 Importância Agrícola e Económica das Pastagens e Forragens.....	18
2.2 Luzerna.....	20
2.2.1 Origem e Morfologia.....	20
2.2.2 Importância da Luzerna.....	21
2.2.3 Adaptação.....	21
2.2.4 Estabelecimento.....	23
2.2.5 Qualidade da Forragem.....	25
3-Materiais e Métodos.....	32
3.1- Localização e Desenho Experimental.....	32
3.2- Caracterização Edáfico-Climática.....	33
3.3- Preparação do Campo de Ensaio e Sementeira.....	34
3.4- Condução da Cultura.....	36
3.5- Preparação e Análises Químicas do Material Vegetal.....	37
3.5.1- Matéria seca.....	37
3.5.2- Cinza.....	37
3.5.3-Proteína Bruta.....	38
3.5.4- Fibra de Detergente Neutro.....	39
3.5.5- Gordura Bruta.....	39
3.5.6- Fibra Bruta.....	40
3.5.7- Fibra de Detergente Ácido e Lenhina de Detergente Ácido.....	41
3.5.8- Cinza Insolúvel.....	42
3.6- Colheita e Preparação das Amostras de Solo.....	42
3.7- Análise Estatística.....	43
4- Resultados.....	44
4.1- Cortes mensais.....	44
4.1.1- Infestantes.....	44
4.1.2- Crescimento das plantas de luzerna.....	45
4.1.3- Peso fresco das plantas de luzerna.....	47
4.1.4- Matéria Seca das plantas de luzerna.....	49
4.1.5- Composição Química- MS, Cinza, PB, FDN, FB, GB, FDA, LDA e Cinza Insolúvel.....	50

4.2- Cortes Bimensais.....	52
4.2.1- Infestantes.....	52
4.2.2- Crescimento das plantas de luzerna.....	53
4.2.3- Peso fresco das plantas de luzerna.....	55
4.2.4- Matéria Seca das plantas de luzerna.....	57
4.2.5- Composição Química- MS, Cinza, PB, FDN, FB, GB, FDA, LDA e Cinza Insolúvel.....	58
4.2.6- Comparação da composição Química dos cortes mensais e bimensais	60
4.3- Análise Química do Solo.....	61
5- Discussão.....	63
6- Considerações Finais e Perspetivas Futuras.....	69
7- Referências Bibliográficas	70

Índice Figuras

Figura 1- Acumulação de azoto total no solo durante a permanência da luzerna, intensamente pastada, em Tamworth, e a subsequente degradação durante a cultura seguinte, o trigo (Drew et al., 2012).	19
Figura 2- Relação do pH do solo com a disponibilidade de nutrientes (Equipa Técnica Ucanorte XXI, 2020)	23
Figura 3- Os vários estágios da floração da luzerna (Teuber et al., 2017)	28
Figura 4- Compensações entre o rendimento e a qualidade da luzerna ao longo do ciclo vegetativo (Kesoju, 2018)	31
Figura 5-Localizacao do ensaio no Capus de Vairao.	32
Figura 6- Esquema das 24 parcelas do campo de luzerna, constituído por 3 repetições, 2 variedades, 2 modalidades e 2 períodos de corte.	33
Figura 7- Classificação de Koppen do clima de Portugal Continental. Csb: Clima mediterrânico verão fresco; Csa: Clima mediterrânico de verão quente; BSk: Clima semiárido frio (IPMA, 2020)	34
Figura 8- Solo antes da incorporação do óxido de cálcio e óxido de magnésio.	35
Figura 9- Semeador TRECKER utilizado para a sementeira da luzerna.	35
Figura 10- Molde de 1 m ² para os cortes da luzerna por parcela.	36
Figura 11- Percentagem sem infestantes (%) por m ² , nos cortes mensais, nas repetições, na calagem e nas variedades. Barras com notações diferentes (a, b, c) são significativamente diferentes (P < 0,05).	44
Figura 12- Valores médios do crescimento da luzerna, em cortes mensais, nas repetições, na calagem e nas variedades. Barras com notações diferentes (a, b, c) são significativamente diferentes (P < 0,05).	46
Figura 13- Valores cumulativos do crescimento da luzerna, em cortes mensais, nas repetições, na calagem e nas variedades. Barras com notações diferentes (a, b, c) são significativamente diferentes (P < 0,05).	46
Figura 14- Valores médios do peso da luzerna, em cortes mensais, nas repetições, na calagem e nas variedades. Barras com notações diferentes (a, b, c) são significativamente diferentes (P < 0,05).	47
Figura 15- Valores cumulativos do peso da luzerna, em cortes mensais, nas repetições, na calagem e nas variedades. Barras com notações diferentes (a, b, c) são significativamente diferentes (P < 0,05).	48

Figura 16- Percentagem de matéria seca de luzerna, em cortes mensais, nas repetições, na calagem e nas variedades. Barras com notações diferentes (a, b, c) são significativamente diferentes ($P < 0,05$).	49
Figura 17- Percentagem sem infestantes (%) por m ² , nos cortes bimensais, nas repetições, na calagem e nas variedades. Barras com notações diferentes (a, b, c) são significativamente diferentes ($P < 0,05$).	52
Figura 18- Valores médios do crescimento da luzerna, em cortes bimensais, nas repetições, na calagem e nas variedades. Barras com notações diferentes (a, b, c) são significativamente diferentes ($P < 0,05$).	53
Figura 19- Valores cumulativos do peso da luzerna, em cortes bimensais, nas repetições, na calagem e nas variedades. Barras com notações diferentes (a, b, c) são significativamente diferentes ($P < 0,05$).	54
Figura 20- Valores médios do peso da luzerna, em cortes bimensais, nas repetições, na calagem e nas variedades. Barras com notações diferentes (a, b, c) são significativamente diferentes ($P < 0,05$).	55
Figura 21- Valores cumulativos do peso da luzerna, em cortes bimensais, nas repetições, na calagem e nas variedades. Barras com notações diferentes (a, b, c) são significativamente diferentes ($P < 0,05$).	56
Figura 22- Percentagem de matéria seca de luzerna, em cortes bimensais, nas repetições, na calagem e nas variedades. Barras com notações diferentes (a, b, c) são significativamente diferentes ($P < 0,05$).	57
Figura 23- Evolução do pH do solo sem calagem e com calagem, ao longo de 221 dias.	61
Figura 24- Disponibilidade de magnésio (MgO), cálcio (CaO) e potássio (K ₂ O) no solo sem calagem e com calagem, ao longo de 221 dias.	61
Figura 25- Disponibilidade de alumínio (Al) e índice de atividade de manganês (índice de atividade de manganês) no solo sem calagem e com calagem, ao longo de 221 dias....	62
Figura 26- Razão carbono:azoto, disponibilidade de azoto total (N) e percentagem de matéria orgânica no solo sem calagem e com calagem, ao longo de 221 dias.	62

Índice Tabelas

Tabela 1- Composição típica (% de matéria seca) de forragens de luzerna (adaptado de (Martin, 2007).	31
Tabela 2- Composição química da luzerna (% na matéria seca, MS) em cortes mensais, nas repetições.	50
Tabela 3- Composição química da luzerna (% na matéria seca, MS) em cortes mensais, com e sem calagem.	51
Tabela 4- Composição química da luzerna (% na matéria seca, MS) em cortes mensais, nas variedades.	51
Tabela 5- Composição química da luzerna (% na matéria seca, MS) em cortes bimensais, nas repetições.	58
Tabela 6- Composição química da luzerna (% na matéria seca, MS) em cortes bimensais, com e sem calagem.	59
Tabela 7- Composição química da luzerna (% na matéria seca, MS) em cortes bimensais, nas variedades.	59
Tabela 8- Composição Química- MS, Cinza, PB, FDN, FB, GB, FDA, LDA e Cinza Insolúvel dos cortes mensais e bimensais	60
Tabela 9- Operações culturais realizadas durante o ensaio e as respetivas datas.	78

Lista de Abreviaturas

Al- Alumínio

CaO- Óxido de Cálcio

CC- Com Calagem

C/N- Razão Carbono Azoto

FB- Fibra Bruta

FDA- Fibra em Detergente Ácido

FDN- Fibra em Detergente Neutro

GB- Gordura Bruta

I.A.MN- Índice de Atividade de Manganês

K₂O- Óxido de Potássio

LDA- Lenhina em Detergente Ácido

MgO- Óxido de Magnésio

MO- Matéria Orgânica

MS- Matéria Seca

N- Azoto

PB- Proteína Bruta

Rep- Repetição

SC- Sem Calagem

1-Introdução

As culturas forrageiras ou forragens, são plantas herbáceas de ciclo vegetativo anual, ou vivaz, destinadas à alimentação animal, aproveitadas predominantemente através de corte mecânico (eventualmente pastoreio direto ou aproveitamento misto) para posterior alimentação fora do local de produção. Por norma, são cortadas na forma de erva verde ou conservadas sob a forma de silagem ou feno-silagem. A produção de forragens tem como principal objetivo, assegurar a alimentação nos períodos em que a produção de pastagem é insuficiente ou nula e na manutenção de determinadas atividades dos sistemas de produção animal com ruminantes nas condições Mediterrâneas. A produção de forragens, tem subjacente, reflexos diretos e indiretos na ocupação e ordenamento do território, no ambiente, na fixação das populações e no combate à desertificação humana e na dinamização das economias locais.

Os números atuais estimam que, 26% da área terrestre mundial e 70% da área agrícola mundial são cobertos por pastagens e forragens, que contribuem para a subsistência de mais de 800 milhões de pessoas (FAO, 2019). Estas são uma fonte de bens e serviços (alimentação para animais, *habitat* para a vida selvagem), promovem a fixação de carbono e água, protegem muitos sistemas fluviais e são importantes para a conservação *in situ* dos recursos genéticos vegetais.

Os registos relativos à evolução da ocupação do solo com culturas forrageiras, em Portugal, são insuficientes. A partir do ano de 2016, o Instituto Nacional de Estatística (INE, 2016) apenas contabiliza a superfície agrícola ocupada por milho e aveia forrageira. No entanto, anualmente, são semeados muitos campos com misturas forrageiras anuais (sequeiro e regadio) com composições botânicas muito diversas. De acordo com a Direção Geral de Agricultura e Veterinária (DGAV), entre 2013 e 2017, foram certificados cerca de 9 500 t de misturas forrageiras (Carita, 2019).

A bacia leiteira da Região de Entre Douro e Minho, caracteriza-se por um sistema de produção intensivo de vacas para leite, onde existe uma elevada necessidade de aprovisionamento de alimentos de alta qualidade para suplementação alimentar, provenientes de duas gramíneas forrageiras. No Outono, o azevém anual (*Lolium multiflorum* Lam), estreme ou em misturas anuais, é tradicionalmente explorado como cultura intercalar do milho (*Zea mays*), na Primavera. O azevém, destina-se à produção de forragem verde, em múltiplos cortes, em que o último é reservado normalmente para fenação e, mais recentemente, para silagem, e o milho, para silagem. A Região de Entre

Douro e Minho, produz cerca de 51% do milho forrageiro produzido em Portugal, correspondendo a cerca 1 900 000 toneladas (INE, 2014).

Do ponto de vista agronómico, as leguminosas, pelo seu potencial de adaptação a diversas condições edáfico-climáticas, elevada capacidade de fixação do azoto atmosférico, elevado teor de proteína bruta e uma maior preferência de ingestão por parte dos animais, devem, sempre que possível, entrar na composição das culturas pratenses e forrageiras. O azoto fixado pelas leguminosas promove a produtividade destas culturas a baixo custo, além de incrementar a fertilidade dos solos. Quando utilizadas em sistemas sustentados, podem contribuir também para a melhoria das características físicas, químicas e biológicas dos solos, podendo ser opções muito importantes para o estabelecimento de rotações agronomicamente coerentes.

A União Europeia tem como objetivo reduzir a pegada ambiental e climática do seu setor agro-alimentar e reforçar a sua resiliência, assegurar a segurança alimentar face às alterações climáticas e à perda de biodiversidade e liderar uma transição mundial para a sustentabilidade competitiva do prado ao prato, explorando as novas oportunidades. Isto significa a garantia de que a cadeia alimentar, abrangendo a produção, o transporte, a distribuição, a comercialização e o consumo de alimentos, tenha um impacto ambiental neutro ou positivo, preservando e restaurando os recursos terrestres, de água doce e marítimos dos quais depende o sistema alimentar; contribuir para a atenuação das alterações climáticas e adaptar-se aos seus impactos; proteger a terra, o solo, a água, o ar, a fitossanidade e a saúde e o bem-estar dos animais; e inverter a perda de biodiversidade (CE, 2020). Todos os intervenientes na cadeia alimentar devem desempenhar o seu papel na consecução da sustentabilidade da cadeia alimentar. Os agricultores, os pescadores e os produtores aquícolas têm de transformar os seus métodos de produção mais rapidamente e aproveitar ao máximo soluções baseadas na natureza, tecnológicas, digitais e espaciais para produzir melhores resultados ambientais e climáticos, aumentar a resiliência climática e reduzir e otimizar a utilização de fatores de produção (CE, 2020).

O excesso de nutrientes (sobretudo azoto e fósforo) no ambiente, decorrente do consumo excessivo e do facto de nem todos os nutrientes utilizados na agricultura serem efetivamente absorvidos pelas plantas, constitui outra fonte importante de poluição do ar, do solo e da água e com impactos climáticos, tendo conduzido à redução da biodiversidade em rios, lagos, zonas húmidas e mares. A União Europeia agirá no sentido de reduzir a perda de nutrientes em pelo menos 50 %, assegurando simultaneamente que não haja

deterioração da fertilidade do solo. Isto permitirá reduzir a utilização de fertilizantes em pelo menos 20 % até 2030. Tal será conseguido através da aplicação integral da legislação relevante em matéria ambiental e climática, identificando com os Estados-Membros as reduções da carga de nutrientes necessárias para atingir estes objetivos, aplicando uma fertilização equilibrada e uma gestão sustentável dos nutrientes e gerindo melhor o azoto e o fósforo ao longo de todo o seu ciclo de vida (CE, 2020).

Sendo assim, é fundamental que o setor pratense e forrageiro esteja atento às necessárias adaptações/atualizações produtivas para que, consiga, de uma forma eficiente e sustentável, aumentar a produtividade, qualidade e persistência das pastagens e obter forragem de qualidade. Para se conseguir garantir a estabilidade da produção animal, diminuir a dependência do clima e mercado e planificar os investimentos, é fundamental haver disponibilidade de forragem de qualidade para as épocas de escassez de pastagem ou de necessidades alimentares específicas (Cavaco & Calouro, 2006).

A luzerna (*Medicago sativa* L.) é a leguminosa com maior capacidade produtiva, produzindo forragem com um elevado teor proteico e com proteína de elevado valor biológico, sendo comumente conhecida como “a rainha das forragens”. Por se tratar de uma cultura forrageira perene, de porte ereto, com uma exploração de cerca de 3 a 5 anos (N. Moreira, 2002), tem uma influencia positiva no sequestro do dióxido de carbono atmosférico no solo, atuando na redução de gases com efeito de estufa, responsáveis pelo aquecimento global do planeta e também pela diminuição da erosão dos solos, uma vez que a cobertura do solo por plantas e seus resíduos é o fator mais importante na redução da erosão do mesmo.

A luzerna requer solos com um pH ótimo entre 6,6 e 7,5 (Brauer et al., 2002; Peters et al., 2005). No entanto, grande percentagem dos solos do Norte, são ácidos ou ligeiramente ácidos (Equipa Técnica Ucanorte XXI, 2020), o que consiste num fator limitante para o desenvolvimento das culturas forrageiras, pois reduz o crescimento radicular das plantas através da intoxicação das raízes pelo catião de alumínio (Al^{+3}), e ainda diminui a atividade das bactérias fixadoras de azoto atmosférico nas culturas leguminosas (Santos et al., 2016). Portanto, a correção da acidez do solo através da calagem permitirá uma maior disponibilidade de nutrientes, contribuindo para o aumento da produtividade da luzerna. A qualidade da forragem, o rendimento e a persistência de uma cultura forrageira é definida pelo número e frequência de cortes. Consequentemente, na decisão de um cronograma de cortes, é importante atender ao estado de maturação da planta e ao intervalo entre

cortes: optar por cortes frequentes para forragem de alta qualidade e rendimentos baixos ou por maiores intervalos entre cortes de maior rendimento, apesar de se obter uma qualidade inferior (Orloff & Putnem, 2006).

Considera-se que a tecnologia de produção de forragem pode melhorar, tornando-se cada vez mais eficiente económica e ambientalmente, produzindo bem com menores custos, com o uso mais racional de pesticidas e fertilizantes (principalmente herbicidas e fertilizantes azotados) ao mesmo tempo que se contribui para a melhoria da fertilidade e controlo da erosão do solo.

No sentido de analisar a integração da luzerna no sistema de produção do Entre Douro e Minho, é necessário estudar a adaptação de variedades as condições edafoclimáticas desta região assim como a condução desta cultura perene. Neste estudo, analisamos o efeito da calagem e da frequência de cortes no rendimento e qualidade de duas variedades de luzerna.

2- Revisão Bibliográfica

2.1 Importância Agrícola e Económica das Pastagens e Forragens

As forragens e as pastagens são a base da alimentação (N. Moreira, 2002) de herbívoros (cavalos, coelhos e aves), e de ruminantes (bovinos, ovinos e caprinos). As forragens cortadas destinam-se à alimentação em verde, ou após conservação sob a forma de feno ou silagem, sendo um importante complemento alimentar em períodos limitados por pastoreio.

No início da década de oitenta, as estimativas disponíveis para os Estados Unidos da América referem que, a proporção de erva na dieta dos animais era de 61% para vacas de leite, 83% para bovinos de carne, 91% para ovinos e caprinos, 72% nos equinos e muares e 15% nos suínos (R. F. . Barnes & Baylor, 1995). Na Grã-Bretanha, a estimativa para o mesmo período era de 60% para vacas de leite, 79% para bovinos de carne e 97% para ovinos e caprinos (Holmes, 1989).

Em Portugal, e até à década de sessenta a evolução da produção de pastagens e forragens foi muito diminuta, sendo a produção cerealífera a dominar a investigação e a produção agrícola. A partir dos meados da década de sessenta, houve uma evolução diferenciada na produção agrícola no País, em duas regiões distintas: no Sul e no Litoral Norte e Centro. No Sul surgiu um maior interesse pela produção animal com a importação de reprodutores de raças exóticas de bovinos e ovinos com aptidão para a produção de carne, devido ao reflexo dos estágios de técnicos portugueses na Austrália, trazendo assim uma nova tecnologia de pastagens semeadas de sequeiro e de outras culturas forrageiras (Crespo, 1975). No Litoral Norte e Centro, o desenvolvimento da Produção bovina de leite, levou a um desenvolvimento muito significativo da cultura do milho para silagem e à importação e seleção de vacas de leite de alto potencial produtivo (Holstein Frísia). Este desenvolvimento também veio acompanhado duma política que favorecia o rápido crescimento da produção e consumo de rações (N. Moreira, 2002). Nos Açores, apoiado na divulgação das pastagens semeadas, à base de azevéns e trevos, levou a um contínuo e acentuado crescimento da pecuária leiteira (Carneiro, 1995).

Apesar da diversidade regional dos sistemas de produção, as culturas forrageiras ocupam cerca de metade da superfície agrícola de Portugal (INE, 2019). Nas regiões de produção de leite, como os Açores, o Entre Douro e Minho e a Beira Litoral, existe um predomínio quase absoluto de culturas forrageiras, enquanto na Madeira e no Algarve

estas ocupam uma reduzida percentagem das superfícies agrícolas. No Alentejo predominam as pastagens permanentes (INE, 2019).

Para além da sua importância na produção animal, estas culturas contribuem para a sustentabilidade dos sistemas de produção, nomeadamente no controle da erosão dos solos, na melhoria na qualidade (física, química e biológica) dos solos (Fig.1) (Moreira, 2002), principalmente quando leguminosas são utilizadas na rotação e/ou consociação de culturas, através da fixação do azoto atmosférico das introduzidas na rotação de culturas e/ou consociação (Carvalho, 2019). Para além disso, a rotação e consociação de culturas é benéfica no controlo de pragas e doenças.

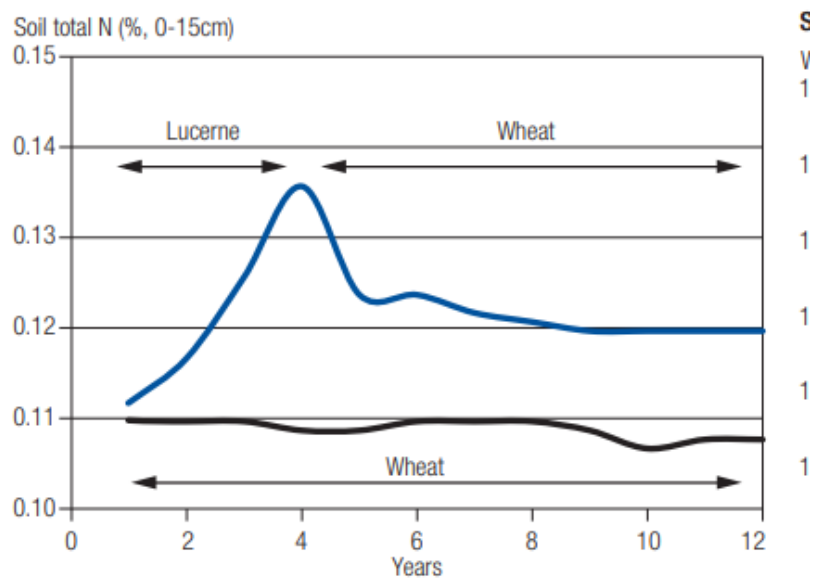


Figura 1- Acumulação de azoto total no solo durante a permanência da luzerna, intensamente pastada, em Tamworth, e a subsequente degradação durante a cultura seguinte, o trigo (Drew et al., 2012).

De salientar que, no sistema de pecuária leiteira intensiva do Noroeste de Portugal, a produção intensiva de forragens em regadio, consiste numa sucessão de duas gramíneas anuais para corte e conservação, o milho semeado na primavera e o azevém (estreme ou consociado com cereais praganosos), no outono, ambas cultivadas com intensas fertilizações azotada.

Por outro lado, assistimos atualmente a uma revolução tecnológica na agricultura, que leva consigo uma perda de recursos irrenováveis de matérias-primas e energia. A fixação biológica do azoto atmosférico, fruto da simbiose *Rhysobium*-leguminosa, representa sem dúvida uma alternativa viável para reduzir os custos de produção (ao se poder prescindir da fertilização azotada) e ter um impacto positivo no ambiente (CONFAGRI, 2019).

2.2 Luzerna

2.2.1 Origem e Morfologia

A luzerna (*Medicago sativa*) foi uma das primeiras culturas forrageiras a ser domesticadas (Gashaw, 2015), sendo o seu cultivo conhecido há mais de 2500 anos. Nativa da Ásia Ocidental e do Cáucaso, contudo, dada à elevada diversidade de ecótipos existentes na região, a sua área de origem é fixada, mais especificamente, na Ásia Menor e no Sul do Cáucaso, que inclui a Turquia, a Síria, o Iraque, o Irão, o Afeganistão, e parte ocidental do Paquistão e Caxemira (Morocho, 2001).

É uma espécie polimórfica, alogâmica e autotetraploide caracterizada por uma variabilidade genética extremamente elevada, que tem permitido o desenvolvimento de um leque de variedades adaptadas a ambientes e sistemas de manejo específicos (Dragan, M.; Snežana & ; Branko, M., Živanov, 2019). Em particular, a variabilidade genética na luzerna promoveu sua adaptabilidade a condições extremas de calor, frio, seca, salinidade e pragas. Essa flexibilidade e alta produtividade, tanto em condições ótimas de produção como em condições de stress, permitem que a luzerna seja amplamente conhecida como "a rainha das forragens"(El-Nasharty et al., 2015), devido a sua grande aptidão para alimentação animal e uma influência na qualidade dos solos agrícolas, devido a sua capacidade de fixar o azoto atmosférico através da simbiose com a bactéria *Rhizobium meliloti* (Morocho, 2001).

A luzerna é uma leguminosa perene, tolerante a secura, devido a sua raiz apumada e carnuda, que se desenvolve e pode atingir 15 a 30 cm nos primeiros meses de crescimento da cultura, chegando a 3,5 metros de profundidade após dois anos de instalação (D.; Undersander et al., 2011). Estas elevadas profundidades que as raízes conseguem alcançar são muito importantes para ajudar no arejamento do solo (WEAVER, 2000).

Para além disso, a sua raiz, forma à superfície do solo, uma coroa onde se desenvolvem, sucessivamente, diversas gemas, originando novos caules, que lhe conferem uma boa capacidade de recrescimento e de adaptação a condições adversas do meio (N. Moreira, 2002).

2.2.2 Importância da Luzerna

A luzerna é uma leguminosa forrageira perene de elevada qualidade, com uma capacidade qualitativa 25% superior ao da pastagem, devido ao seu elevado potencial de produção (Gashaw, 2015). É amplamente cultivada em 30 milhões de hectares em todo o mundo ((El-Nasharty et al., 2015) devido não só a sua enorme plasticidade ecológica, mas também devido a sua capacidade de produzir alto nível de biomassa com baixos fatores de produção. Constitui uma fonte importante de energia, proteína, minerais e vitaminas na alimentação de vacas leiteiras (El-Nasharty et al., 2015), contribuindo para a redução das necessidades de suplementação com grãos e proteínas. O alto rendimento de matéria seca, proteína e cálcio, presentes na luzerna, torna-a numa forragem adequada para todas as classes de ruminantes (Gashaw, 2015). Contribui para o aumento da sustentabilidade de um sistema de produção, quando incorporada na rotação de culturas (Gashaw, 2015).

2.2.3 Adaptação

2.2.3.1 *Clima*

A luzerna é uma planta que se adapta bem a climas frios, temperados, quentes, mas secos. Temperatura e luz são provavelmente os fatores ambientais mais importantes que afetam o seu valor nutritivo.

A luzerna é cultivada numa ampla gama de climas onde, a temperatura média diária, durante o período de crescimento é superior a 5°C. A temperatura ótima para o crescimento é de cerca de 25 °C e o crescimento diminui drasticamente quando as temperaturas estão acima de 30 °C e abaixo de 10 °C. Temperaturas superiores a 30 °C promovem uma maior atividade metabólica e contribuem para a diminuição do armazenamento de conteúdo da célula (Gashaw, 2015), privilegiando a acumulação de materiais da parede celular.

Em climas quentes, a produção é maior em condições secas do que em condições de excesso de humidade. Em climas com invernos amenos, a luzerna é cultivada continuamente durante 3 a 4 anos, mas em climas continentais com invernos frios esta pode ser cultivada durante 6 a 9 anos, com um período de dormência no inverno (FAO, 2020).

2.2.3.2 *Solos*

A luzerna é cultivada com sucesso numa grande variedade de solos, preferencialmente solos profundos com capacidade de retenção de água (D.; Undersander et al., 2011), de textura média (Geren et al., 2009; Rechel et al., 1991), bem drenados e providos de cálcio e com um pH ótimo entre 6,5 e 8,0 (Morocho, 2001; Smith et al., 1996).

No que diz respeito à qualidade nutritiva das plantas e fertilidade do solo, a luzerna é provavelmente a cultura que mais necessita de potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg), e entre as leguminosas, a mais exigente em termos de pH (A. Moreira & Fageria, 2010). Os solos mais adequados para a sua produção devem ter pH neutro a fracamente alcalino, variando entre de 6,6 a 7,5 (Brauer et al., 2002; Peters et al., 2005). Outro problema do complexo de acidez do solo é que o pH baixo também afeta a formação de nódulos. Em algumas experiências, observou-se que, pH entre 5,3-5,4 foi o nível crítico da formação da nodulação em luzerna. Com o aumento da acidez, pH's mais baixos, é necessária uma maior concentração de cálcio para promover a formação adequada de nódulos nas raízes. Se o solo for muito ácido, a fixação de azoto por parte das bactérias, nomeadamente as bactérias *Rhizobium meliloti*, poderá ser afetada, pois, não serão capazes de infetar a raiz da luzerna e formar nódulos (Rasnake, 1993). Assim, com uma eficiente capacidade de fixação de azoto atmosférico, a quantidade de proteína bruta da luzerna será maior.

Portanto, a regulação da acidez do solo, com aplicação de calagem, é essencial para o cultivo de luzerna em solos ácidos: aumenta o pH, favorecendo a nodulação de *Rhizobium meliloti*, aumenta a quantidade de cálcio no solo disponível, e retarda a absorção de alumínio e manganês, que são tóxicos para as plantas (Morocho, 2001). A sua fraca adaptação a solos pouco profundos, ácidos e com excesso de humidade, pode justificar a escassa produção de luzerna, em Portugal.

Os benefícios das leguminosas para a qualidade do solo incluem: aumento da matéria orgânica do solo, melhoria da porosidade do solo, reciclagem nutrientes, melhoria a estrutura do solo e diminuição do pH do solo (Fig.3). Como mencionado anteriormente, as leguminosas são ricas em proteínas e, portanto, ricas em azoto. Como a maioria dos resíduos de colheita contém muito mais carbono do que azoto, o azoto fornecido pela luzerna facilita a decomposição dos resíduos da colheita no solo e sua conversão em matéria orgânica, aumentando a razão C/N. (USDA, 1998).

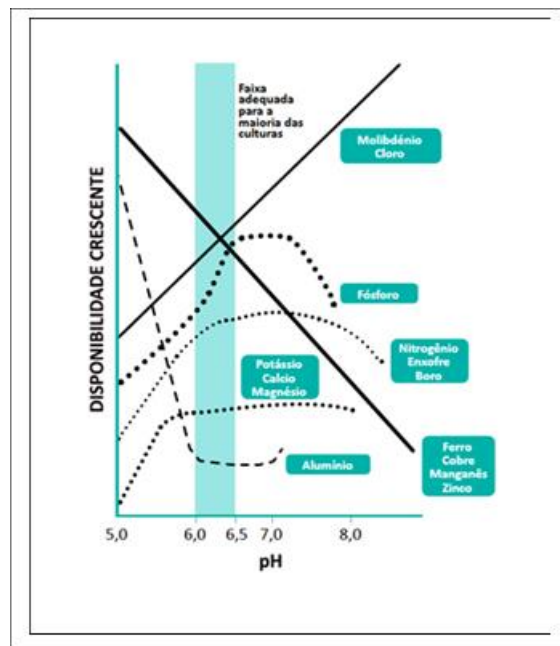


Figura 2- Relação do pH do solo com a disponibilidade de nutrientes (Equipa Técnica Ucanorte XXI, 2020)

2.2.4 Estabelecimento

2.2.4.1 Inoculação da semente

Em condições em que o inoculante necessário não está presente no solo, a inoculação de sementes de leguminosas, com uma estirpe de rizóbio correta, é essencial para o estabelecimento da cultura (O`Callaghan, 2016), para maximizar o potencial de rendimento, através de um elevado número de rizóbios disponíveis para permitir a rápida colonização, modulação e fixação de azoto atmosférico (N_2) (Olubukola Oluranti, 2010; Dealker, Rosalund; Kennedy, 2004). As culturas em consociação com leguminosas, também beneficiam da fixação biológica do azoto, reduzindo ou eliminando a necessidade de fertilização com azoto. Por exemplo, em solos com baixo teor de azoto mineral, os microrganismos fixadores de azoto fornecem amónia à biomassa das leguminosas, permitindo, assim, um crescimento mais rápido; em contraste, se o azoto for abundante, os microrganismos fixadores de azoto tendem a ser excluídos competitivamente por espécies não-fixadoras, uma vez que o processo de fixação de azoto é bioenergeticamente elevado (Morel et al., 2012). Isso significa que, existe uma gama de situações fisiológicas e ecológicas que tendem a restringir a inoculação das raízes, principalmente pela necessidade de azoto da planta e pela razão carbono:azoto do ecossistema (Morel et al., 2012).

2.2.4.1.1 Influência do pH baixo na inoculação da semente

Um fator que contribui para uma baixa produtividade da luzerna em solos moderadamente ácidos é o efeito do pH baixo no estabelecimento da simbiose entre a leguminosa e o seu simbionte fixador de azoto (Charman et al., 2008; Khan et al., 2010). Para que ocorra uma nodulação ideal, o pH do solo deve ser neutralizado com calcário, uma vez que a calagem beneficia na melhoria da nodulação da luzerna, pela redução da toxicidade do Al^{3+} (Berenji et al., 2016).

Em solos moderadamente ácidos, a baixa produtividade da luzerna pode ser influenciada pela relação entre o estabelecimento da simbiose das estirpes de rizóbios (menos tolerantes à acidez) e o sistema radicular da planta (Soto et al., 2004), e pela presença de bactérias noduladoras de luzerna altamente competitivas, tolerantes à acidez do solo, mas com baixa capacidade de fixação de azoto (Soto et al., 2004).

Hartley e seu colaboradores (2004) estudaram o efeito da calagem na serradela (*Ornithopus sativus*) e verificaram que a calagem contribuiu para melhorar as condições na nodulação, reflectindo-se num aumento no (Hartley et al., 2004).

2.2.4.2- Densidade de sementeira

Em geral, a densidade de sementeira, desempenha um papel fundamental no estabelecimento das culturas, sendo também uma condição chave para a produção de luzerna, onde a densidade de sementeira da luzerna pode variar entre 4 e 40 kg/ha dependendo de fatores como a localização, o clima, o tipo de solo, a preparação do terreno, a técnica de sementeira adotada e o custo da semente (Lloveras et al., 2008). Normalmente, as densidades de sementeira mais altas do que as recomendadas são usadas para contabilizar falhas e perdas de estabelecimento da cultura. As densidade de sementeiras mais elevadas, podem contribuir para uma maior taxa de mortalidade das plantas, atribuída a maior competição entre as plantas de luzerna, (M. H. . Hall et al., 2004), principalmente no primeiro ano de estabelecimento. Hall e seus colaboradores (2004) registaram uma taxa de mortalidade de luzerna oito vezes superior em densidades de 20,2 kh/ha em comparação com 6,7 kg/ha (M. H. . Hall et al., 2004).

2.2.4.3 Rega

Para além de um clima adequado, a luzerna exige humidade abundante no solo (embora não excessiva que maceram e apodrecem as raízes por falta de ar), proveniente da própria natureza do subsolo, da precipitação adequada ou de um sistema de irrigação apropriado (D.; Undersander et al., 2011). Desde que não haja limitações em nutrientes, o rendimento

de matéria seca é proporcional à quantidade de água utilizada pela luzerna, (Smith et al., 1996).

Apesar da luzerna ser adaptada a verões quentes e secos, por possuir um sistema radicular profundo e capacidade de dormência estival, (Frame et al., 1998), requer rega suplementar para que haja um bom desenvolvimento radicular, devendo ser irrigada com alguma frequência logo no início do ciclo vegetativo, uma vez que, o desenvolvimento da raiz é adversamente afetado pela secura (D.; Undersander et al., 2011). Com base na eficiência de utilização da água entre 56 a 83 mm/ha/t de matéria seca produzida (D. . Barnes & Sheaffer, 1995), recomendam-se regas de 500 a 900 mm/ano ao longo da estação de crescimento, Abril/Maio a Setembro/Outubro (N. Moreira, 2002),

2.2.4.4 Controle de Infestantes

A cultura da luzerna apresenta suscetibilidade às infestantes, em particular na fase de estabelecimento e nos períodos anuais de repouso de Inverno. As medidas culturais, como sejam a preparação do solo para a sementeira, o ritmo de cortes e eventuais cortes de “limpeza” no estabelecimento ou no final do Inverno podem ser suficientes para o controlo de infestantes (N. Moreira, 2002). Se não se controlar as infestantes antes da data de sementeira, corre-se o risco de as infestantes se restabelecerem mais rápido do que o crescimento da planta entre os cortes e reduzir assim a sua densidade vegetativa (D.; Undersander et al., 2011) e, conseqüentemente uma redução de 48 a 57% no rendimento (Ghosheh, (2005).

O efeito das infestantes para além de afetar o estabelecimento e a produção da luzerna, também tem efeito na qualidade da forragem. Num estudo, verificou-se uma correlação negativa entre a percentagem de proteína e o conteúdo de infestante (Temme et al., 1979). Temme e seus colaboradores (1979) obtiveram teores inferiores de matéria seca digestível *in vitro* (DIVMS), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), proteína bruta e nitratos nos campos de luzerna com 50% de infestantes (Temme et al., 1979).

2.2.5 Qualidade da Forragem

A intensidade de exploração da luzerna, através do número ou ritmo de cortes e do estado de desenvolvimento em que são realizados, tem conseqüências na produção, no valor nutritivo e na persistência da cultura. O clima, e principalmente a temperatura, influencia a frequência, o número de cortes (que varia entre 2 e 12), e a produção por corte ao longo do ano na luzerna (FAO, 2020).

O estado de maturação da luzerna aquando do corte e os processos de conservação podem afetar os valores de digestibilidade e ingestão da luzerna (Abreu et al., 2000; Frame et al., 1998).

O declínio da digestibilidade é consequência de dois processos: (i) a redução de um componente altamente digestível (folhas); (ii) devido ao aumento de um componente menos digestíveis (caules) (Veronesi, Fabio; Brummer, e.Charles; Huyghe, 2010). Assim a digestibilidade da luzerna diminui com a maturidade, como resultado do aumento da concentração de material da parede celular e lenhificação dos caules, a diminuição da digestibilidade do caule e a diminuição da razão folha:caule (LWR) (Albrecht et al., 1987).

A fibra em detergente neutro é a percentagem de material altamente indigestível e de digestão lenta de uma forragem. Essa fração inclui celulose, lenhina, pectina e cinzas. Uma FDA mais baixo indica uma forragem mais digerível (Undersander, Dan; Cosgrove, Dennis; Cullen, 2004). A fibra em detergente ácido é a percentagem de hemicelulose e lenhina numa forragem.

A lenhina é um polímero estrutural complexo e é o segundo mais abundante componente das paredes das células vegetais secundárias (Atis et al., 2019; Li, Z.; Combs, D.; Undersander, 2015), fornecendo a força e rigidez necessárias para a planta permanecer de pé (Inoue, K.; Sewalt, V.J.H; Ballance, W. NI; Stürzer, C.; Dixon, 1998). Embora seja essencial para o crescimento normal da planta, a deposição de lenhina nas paredes das células vegetais pode reduzir o valor nutritivo da luzerna. Nos animais ruminantes, a lenhificação das paredes vegetais afeta a fermentação microbiana ruminal e a digestão dos alimentos pelas enzimas intestinais (Buxton, D.R.; Hornstein, 2002). Esses efeitos negativos são principalmente associados à concentração de lenhina, como numerosos estudos encontraram fortes correlações negativas entre o teor em lenhina e a digestibilidade da forragem (Albrecht, K.A.; Wedin, W.F.; Buxton, 1987).

2.2.5.1 Regime de Cortes

Uma das opções no momento da escolha do tipo de cultura forrageira a semear, é a de se obter uma boa produção em apenas um corte ou, em alternativa, explorar a cultura em vários cortes, de menor produção. Entende-se que, a exploração de uma cultura em apenas um corte é quase obrigatoriamente para conservação, uma vez que se obtém uma grande quantidade de biomassa, como feno ou silagem, permitindo uma economia de operações e redução dos custos de conservação por unidade produzida. A exploração de uma cultura forrageira em vários cortes, torna-se mais flexível porque permite ao agricultor

optar pela conservação da biomassa ou utilização em verde. No entanto, esta modalidade conduz a um aumento dos custos de conservação por unidade produzida, associados ao número de cortes se for destinada para feno ou silagem (N. Moreira, 2002).

A cultura da luzerna tem uma exploração, em geral, 3 a 5 anos, com vários cortes por ano, com menor número nas regiões em que o inverno é mais rigoroso e prolongado, podendo prover apenas 3 a 5 cortes de maio/junho a setembro, ou em maior número, 7 a 9 cortes anuais nas regiões de Inverno ameno do litoral Sul, em condições de regadio (N. Moreira, 2002).

2.2.5.1.1 Estado Fenológico, Frequência e Número de Cortes

Menor número de cortes realizados em estados mais avançados de desenvolvimento (média ou plena floração, por exemplo) permite uma maior produção de biomassa e uma maior persistência/perenidade da cultura, mas um menor valor nutritivo da produção. Inversamente, um maior número de cortes, num estado de desenvolvimento mais precoce (abotoamento ou início de floração), permite um maior valor nutritivo e qualidade da forragem (N. Moreira, 2002).

A seleção de um cronograma de cortes começa com a decisão sobre a qualidade da forragem desejada, devendo incluir o número de cortes por campanha, data de corte, estado de maturação da planta e intervalo entre cortes (D.; Undersander et al., 2011).

Cortes frequentes para produzir alta qualidade de feno, resultam em baixos rendimentos, ao passo que, um longo intervalo entre os cortes aumenta o rendimento, mas a qualidade é reduzida (Orloff & Putnem, 2006).

A luzerna cortada em estágios de crescimento imaturo, na pré-floração ou no início da floração (Fig 4) tem menor rendimento, mas forragem de alta qualidade. Por outro lado, a luzerna cortada na fase de floração tem maior rendimento, mas menor qualidade de forragem, normalmente muito baixo para atender aos padrões de qualidade do leite para vacas de leite (Orloff & Putnem, 2006).

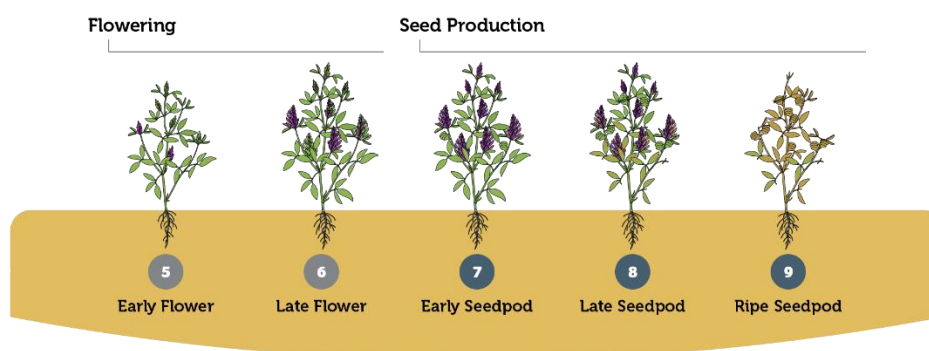


Figura 3- Os vários estágios da floração da luzerna (Teuber et al., 2017)

Cortes frequentes da luzerna num estado imaturo, podem conduzir a redução de reservas de hidratos de carbono da raiz da planta, e consequentemente redução do vigor da planta e, eventualmente, do número de plantas. Permitir um intervalo mais longo ou "período de descanso" entre os cortes, proporciona um maior tempo para a planta repor as reservas nas raízes (Orloff & Putnem, 2006).

As exigências do mercado por forragens com maior valor nutricional, levam à mudança do momento do corte da luzerna. Com o corte da luzerna em estados mais avançados de desenvolvimento (floração completa), o valor nutricional diminui, enquanto aumentam o teor de matéria seca e a produtividade. Além disso, um regime de corte menos intensivo poderá contribuir para uma vida mais longa da cultura da luzerna e reduzir, assim, os custos de colheita (Lamb et al., 2007; Lloveras et al., 1988).

O regime de corte, ou mais precisamente a frequência com que a luzerna é cortada, tem uma maior influência na qualidade da forragem do que qualquer outro fator sob o controlo do agricultor (Dragan et al., 2019). A análise da relação entre o rendimento e a qualidade da luzerna é fundamental para selecionar a variedade ideal, bem como o programa de corte ideal.

Doohong (2016), realizou um ensaio, durante 2 anos, onde definiu diferentes intervalos de corte, ou seja, a cada 28, 35, 42 e 49 dias, o que equivale a 5, 4, 4 e 3 cortes por ano.

Dragan et al. (2019), realizaram um ensaio com 5 cortes por ano, de 2015 a 2017, e definiram que com cortes a intervalos mínimos de 26 dias e máximos de 60 dias podiam maximizar o lucro nas explorações de luzerna na Sérvia e sudeste da Europa.

Noutro estudo, realizado em condições ecológicas mediterrâneas durante 3 anos, Atis et al. (2019) recomendam 3 cortes com intervalos de 20, 30 e 40 dias.

2.2.5.2 *Qualidade e Rendimento*

A qualidade de uma forragem é definida pelas necessidades nutricionais dos animais, que depende, principalmente, da idade, sexo e tipo de produção - carne, leite ou reprodutor (D.; Undersander et al., 2011).

A luzerna é de qualidade superior em relação a outras culturas forrageiras, porque é rica em proteína bruta e energia, reduzindo a necessidade de suplementação nos animais (N. Moreira, 2002).

A qualidade da forragem de luzerna é maior nos primeiros estados vegetativos, quando os pesos das folhas são superiores ao peso do caule. Contudo, ao aparecimento da primeira flor ou ainda antes desta abrolhar, a proporção de caule excede a proporção de folhas. Com o aumento do intervalo entre cortes ou o estado vegetativo em que a planta é cortada, estados de maturação, o rendimento por corte aumenta, mas, a qualidade da forragem, diminui (D.; Undersander et al., 2011).

As temperaturas durante o crescimento da luzerna, afetam a qualidade da forragem. A luzerna semeada durante a estação fria tende a produzir forragem de maior qualidade do que quando semeada durante os períodos quentes, assumindo que todos os cortes são igualmente livres de infestante e no mesmo estado de maturidade. A qualidade da forragem também é influenciada pela hora do dia em que a luzerna é cortada. A respiração da uma planta, é a conversão dos açúcares e amidos em energia, por isso, após o corte, a respiração aumenta e a qualidade diminui. A respiração só tende a retardar, parando por completo, quando a forragem está seca. Portanto, a melhor altura do dia para cortar luzerna é de manhã para acelerar a secagem (D.; Undersander et al., 2011).

Ao cortar-se a forragem com o objetivo de obter uma alta qualidade, o primeiro corte deve ser feito numa data adequada à região onde a cultura está instalada. O compromisso ideal para maior qualidade de forragem e rendimento de matéria seca da alfafa é colher o primeiro corte no estágio final do botão até a primeira flor (Barnhart, 2010).

Infelizmente, o rendimento e a qualidade, geralmente, são inversamente relacionados. Isso apresenta um verdadeiro dilema para produtores que procuram maximizar o rendimento e a qualidade (Orloff & Putnem, 2006).

O estado de maturação na qual a luzerna é cortada é a ferramenta mais poderosa, que está sob o controlo do agricultor, para determinar o rendimento e a qualidade. Infelizmente, uma realidade fundamental da produção de luzerna, é que, não se obtém um bom

rendimento e uma boa qualidade em simultâneo. Este fenómeno é frequentemente referido como a compensação rendimento / qualidade. Existe um aumento linear no rendimento à medida que a luzerna amadurece desde os estágios de pré-botão até o final da floração, enquanto que há uma diminuição linear na qualidade da forragem no mesmo período (Orloff & Putnem, 2006).

A qualidade da forragem é afetada porque ocorre a lignificação da parede celular, sendo o principal fator limitante na digestibilidade da forragem. Antes da floração, a absorção de nutrientes da luzerna tem como objetivo a promoção do crescimento vegetativo. Após a floração, a absorção de nutrientes e fotoassimilados são direcionados para produção de sementes, que permite a continuidade da produção de luzerna, mas a qualidade diminui rapidamente passado este estágio de desenvolvimento (Sheaffer et al., 2000). As folhas e os caules contêm diferentes concentrações de proteína e fibra bruta em diferentes estados de crescimento. A proporção de folhas na época da colheita é um fator importante que determina a qualidade da forragem. A percentagem de folhas deve ser tão alta quanto possível, porque é nas folhas que se encontra um maior teor de proteína bruta e de melhor qualidade do que no caule (C et al., 2012). A digestibilidade da luzerna diminui com maturidade como resultado do aumento concentração de celulose na parede celular, diminuição da digestibilidade do caule e diminuição da razão folha/caule (Fig.5). A digestibilidade é uma das características mais importantes do valor nutricional da forragem. A redução do valor nutritivo em virtude de uma diminuição da folhagem e um aumento do caule: proporção de folhas, mudança na composição da parede celular e perda de conteúdo celular com a maturidade. Muitos fatores afetam o valor nutritivo da forragem de luzerna como a seleção de variedades, a gestão de colheita e a frequência de cortes. Cortes em estados vegetativos iniciais melhoram o conteúdo de proteína bruta e diminui formação de fibra (Gashaw, 2015).

Sheaffer (2000) recomenda que, o intervalo de colheita ideal para luzerna é entre 30 a 35 dias, sendo este intervalo de colheita baseado num compromisso entre rendimento, qualidade, rebentamento e persistência (Sheaffer et al., 2000).

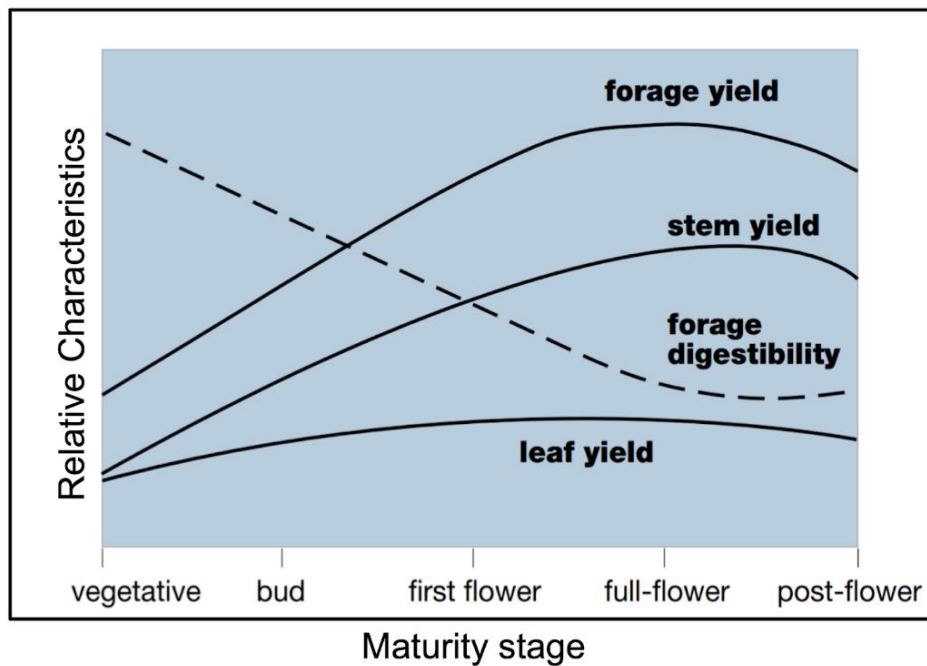


Figura 4- Compensações entre o rendimento e a qualidade da luzerna ao longo do ciclo vegetativo (Kesoju, 2018)

2.2.5.2.1- Qualidade Nutritiva da Forragem de Luzerna

A qualidade da forragem de luzerna é avaliada em função da percentagem de proteína bruta (PB), fibra em detergente ácido (FDA) e fibra em detergente neutro (FDN) (Tabela 1). Valores FDA e FDN representam os compostos que constituem a membrana celular e valores baixos são desejados para uma qualidade considerável. Valores baixos de FDA e FDN resultam numa matéria seca de alta digestibilidade (CACAN et al., 2018).

Tabela 1- Composição típica (% de matéria seca) de forragens de luzerna (adaptado de (Martin, 2007)).

Qualidade da Forragem	PB ^a	FDN ^b	FDA ^c	LDA ^d
Excelente Qualidade	25,4	30,0	24,0	4,53
Elevada Qualidade	24,0	34,1	27,0	5,38
Alta Qualidade	22,5	38,2	30,0	6,23
Boa Qualidade	21,0	42,2	33,0	7,08
Qualidade Aceitável	19,5	46,3	36,0	7,93

Proteína Bruta (a); Fibra em Detergente Neutro (b); Fibra em Detergente Ácido (c); Lenhina em Detergente Ácido (d)

3-Materiais e Métodos

3.1- Localização e Desenho Experimental

O ensaio de luzerna foi conduzido nas áreas experimentais pertencente à Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, no Campus de Vairão com as coordenadas $41^{\circ}19'37.05''\text{N}$ e $8^{\circ}40'32.32''\text{W}$ (Fig.6), entre março de 2020 e outubro de 2020. O campo do ensaio encontrava-se em pousio há cerca de 8 anos.

Relativamente ao desenho experimental, utilizou-se um ensaio fatorial ($2 \times 2 \times 2$) num delineamento completamente causalizado, com tres repetições, medindo cada uma das 24 parcelas, 16 m². Os oito tratamentos (Fig.7) foram constituídos por duas variedades cedidas pela *Pioneer* (Variedade 1 “57Q53-1990” e Variedade 2 “59N59-1990”), duas modalidades (com calagem e sem calagem) e dois períodos de cortes (mensal e bimensal). Durante o ensaio realizaram-se cinco cortes, três cortes mensais e dois cortes bimensais.

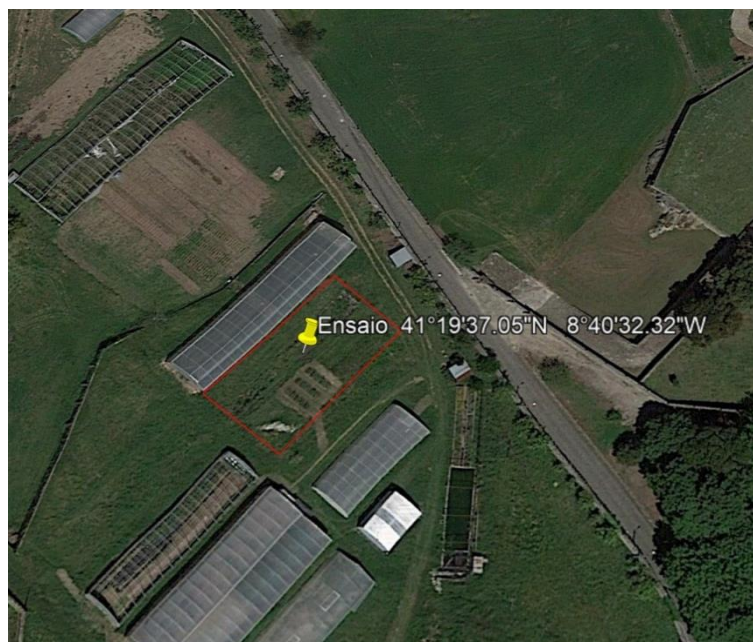


Figura 5-Localizacao do ensaio no Capus de Vairao.

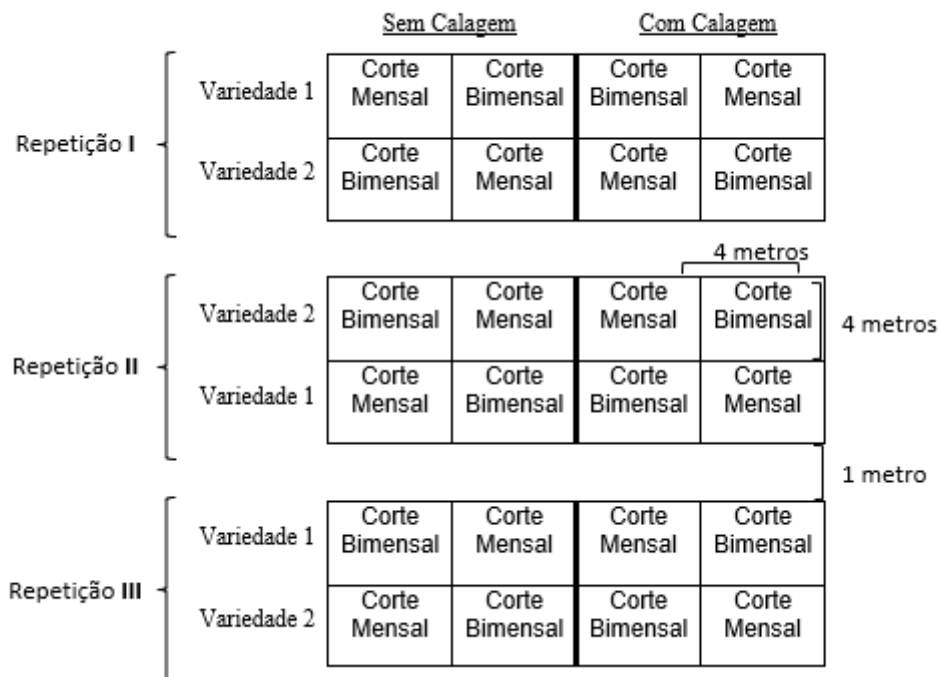


Figura 6- Esquema das 24 parcelas do campo de luzerna, constituído por 3 repetições, 2 variedades, 2 modalidades e 2 períodos de corte.

3.2- Caracterização Edáfico-Climática

Segundo a classificação de Koppen, Vairão é caracterizado por apresentar um clima temperado com inverno chuvoso e verão seco e pouco quente (Csb) (Fig.8) (IPMA, 2021). O local do ensaio possui solos do tipo Cambissolos Húmicos. Os Cambissolos resultam da alteração de granitos, xistos, quartzitos e de algumas das rochas sedimentares (neste último caso, normalmente mais argilosos), por ação de agentes de meteorização, podendo ser caracterizados como húmicos (ricos em matéria orgânica) ou dístricos (ácidos). Quando ocorrem no grés do Triássico, apresentam uma cor vermelha e são classificados como crómicos; se ocorrem nas formações carbonatadas do Jurássico e do Cretácico, caracterizam-se por serem calcários, sendo classificados como cálcicos. Nas zonas onde se formam os cambissolos húmicos, dístricos ou crómicos existe uma maior propensão para a erosão do solo (Sofia, 2007). Os Cambissolos (cambiare – mudar) apresentam pelo menos uma diferenciação dos horizontes incipiente, com alterações na estrutura, cor, percentagem de argila e carbonato e ausência apreciável de argila iluviada, matéria orgânica e compostos de Al e Fe. Os Cambissolos são muito produtivos em termos agrícolas (IUSS, 2020).

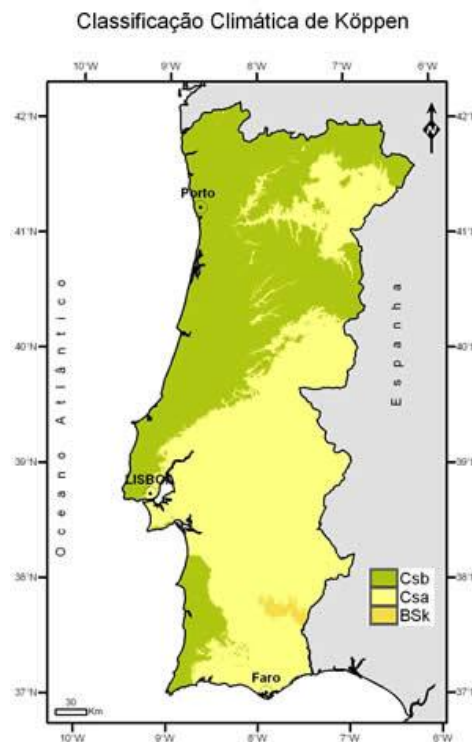


Figura 7- Classificação de Köppen do clima de Portugal Continental. Csb: Clima mediterrânico verão fresco; Csa: Clima mediterrânico de verão quente; BSk: Clima semiárido frio (IPMA, 2020)

3.3- Preparação do Campo de Ensaio e Sementeira

Os trabalhos iniciaram-se no dia 17 de fevereiro de 2020, com a preparação do terreno e limpeza de infestantes com recurso a uma charrua de duas aiveca, seguida da calagem, no dia 10 de março de 2020, com a aplicação do óxido de cálcio (CaO) e carbonato de cálcio e magnésio (Fig. 10) (28% óxido de cálcio (CaO), sob a forma de carbonato de cálcio e 20% óxido de magnésio (MgO), sob a forma de óxido), nas quantidades 38 Kg e 5 Kg respetivamente, e à sua incorporação recorrendo a uma fresa de dois gomes com seis facas. De modo a assegurar que todo o carbonato de cálcio e carbonato de magnésio ficassem devidamente incorporados no solo, repetiu-se a fresagem nos dias 6 e 23 de abril de 2020. A seguir a última gradagem, no dia 23 de abril, procedeu-se a sementeira a lanço, com o semeador espalhador manual TRECKER (Fig. 11), tendo-se distribuído 332,5 e 269,45 Kg/ha de semente da variedade 1 (cultivar 57 Q53-1990) e da variedade 2 (cultivar 59 N59-1990), respetivamente. Ambas as variedades de sementes foram inoculadas com Nitragin^R Gold. No dia seguinte, passou-se com um rolo compressor de modo a assegurar uma melhor aderência da semente ao solo.



Figura 9- Solo antes da incorporação do óxido de cálcio e óxido de magnésio.



Figura 10- Semeador TRECKER utilizado para a sementeira da luzerna.

3.4- Condução da Cultura

A germinação ocorreu ao fim de 14 dias, tendo-se dado início as regas de 15 em 15 dias, durante todo o ciclo da cultura. Dois meses depois da sementeira, procedeu-se ao 1º corte mensal. Os cortes referentes a uma determinada parcela, foram feitos numa área de 1 m² escolhida aleatoriamente, por um molde (Fig.12). As plantas, dentro do molde, foram cortadas a 5 cm de altura do solo com a ajuda de uma foice e pesadas.

Seguidamente, separaram-se as infestantes das plantas de luzerna, identificaram-se as infestantes e determinou-se a percentagem de infestantes.

Para a análise da composição proximal nutricionais, pesaram-se 2kg de peso fresco de luzerna. No laboratório de Ciência Animal, do Instituto de Ciências Biomédicas de Abel Slazar, D Universidade do Porto procedeu-se a secagem numa estufa em circulação de ar (Memmert UF750, Memmert GmbH + Co. KG, Schwabach, em Alemanha) durante 3 dias, para determinação do teor em matéria seca e análise química.

No dia a seguir a cada corte, a respetiva parcela de luzerna era cortada na sua totalidade.



Figura 8- Molde de 1 m² para os cortes da luzerna por parcela.

3.5- Preparação e Análises Químicas do Material Vegetal

O material vegetal seco, como descrito em 3.4, foi pesado de modo a determinar qual a quantidade de matéria seca em cada tratamento. As amostras secas foram moídas em moinho de martelos com crivo de 4 mm, separando cerca de 200 gramas para moagem com um crivo de 1 mm, e armazenadas à temperatura ambiente em contentores herméticos e abrigados da luz.

Todos os parâmetros da composição química dos tratamentos experimentais foram determinados em duplicado (réplicas analíticas), de acordo com as metodologias analíticas implementadas no laboratório de Ciência Animal.

3.5.1- Matéria seca

O teor em matéria seca (MS) residual foi determinado gravimetricamente como o resíduo remanescente após secagem, em estufa com circulação de ar a 103 °C. Resumidamente, pesaram-se 2,5 ± 0,2 g de amostra para cápsulas de porcelana previamente lavadas, incineradas e taradas, sendo a toma anotada com precisão à décima de miligrama. As cápsulas com as amostras foram colocadas em estufa com circulação de ar, a 103 ± 2 °C, até peso constante. Após a secagem, as cápsulas com as amostras secas foram colocadas no exsiccador, onde arrefeceram até à temperatura ambiente, e foram pesadas, sendo o peso anotado com precisão à décima de miligrama.

O teor em MS (%) foi calculado como:

$$MS (\%) = (P1 - P2) \times 100$$

onde,

- P1 - Peso da cápsula com amostra após secagem (g);
- P2 - Peso da cápsula tarada (g);
- P3 - Peso da amostra (g).

3.5.2- Cinza

A determinação do teor em cinza foi feita sequencialmente à do teor em MS. Assim, após a pesagem, as cápsulas com a amostra seca foram colocadas em mufla a 500 ± 20 °C, até peso constante. As cápsulas com as amostras incineradas foram colocadas no exsiccador até à temperatura ambiente e, em seguida, pesadas em balança analítica de precisão.

O teor em cinza (em % de MS) foi calculado como:

$$Cinza (\% MS) = (P1 - P2) \times MS(\%) / 100 \times 100$$

onde,

- P1 - Peso da cápsula com amostra após incineração (g);
- P2 - Peso da cápsula tarada (g);
- P3 - Peso da amostra (g).

3.5.3-Proteína Bruta

Para a determinação do teor em azoto (N) pesaram-se $0,2 \pm 0,1$ g de amostra para tubo de digestão de 100 mL, aos quais se adicionou uma pastilha de catalisador Kjeldahl à base de cobre e 5 mL de ácido sulfúrico (H_2SO_4) 96-98%. Paralelamente, foram preparados brancos, em que apenas se adicionou catalisador e H_2SO_4 aos tubos. Após agitação no vortex, os tubos foram colocados na unidade de digestão e acoplados à unidade scrubber, para extração dos vapores de digestão. Após a digestão a 420 ± 20 °C durante 1 h, os tubos foram retirados e deixados arrefecer à temperatura ambiente. O sulfato de amónio formado durante a mineralização ácida foi, de seguida, destilado com cerca de 25 mL de solução a 40% (m/v) de hidróxido de sódio e de 40 mL de água destilada. O amoníaco destilado foi recolhido em Erlenmeyer com 30 mL de solução de ácido bórico [por L: 40 g de ácido bórico, 10 mL de solução a 0,1% de verde de bromocresol, e 7 mL de solução a 0,1% de vermelho de metilo e titulada com uma solução padronizada de H_2SO_4 a 0,1 N, até ao ponto de viragem (pH 4,6), sendo registado o volume utilizado da solução de H_2SO_4 padronizada.

O teor em N (em % de MS) foi calculado como:

$$N (\% MS) = [(Va - Vb) \times N(H_2SO_4) \times 1 \times 14,007] / P \times 10 \times MS (\%) 100$$

- Va - Volume de solução padronizada de H_2SO_4 necessário para titular a amostra (mL);
- Vb - Volume de solução padronizada de H_2SO_4 necessário para titular os brancos (mL);
- N(H_2SO_4) - Normalidade da solução padrão de H_2SO_4 usada na titulação (0,1 N);
- 1 - Fator do ácido;
- 14,007 - Peso molecular do N;
- 10 - Conversão de mg/g para g/100 g;
- P - Peso da amostra (g).

O teor em proteína bruta (PB, em % de MS) foi calculado como:

$$PB (\% MS) = N (\% MS) \times F$$

onde, F - Fator internacional de conversão, sendo de: 6,25 para forragens;

3.5.4- Fibra de Detergente Neutro

O teor em fibra de detergente neutro (FDN) foi determinado gravimetricamente após digestão, a quente, com solução de detergente neutro e α -amílase termoestável, para dissolução de proteínas, lípidos, açúcares, amido e pectinas facilmente digeríveis. O resíduo insolúvel assim obtido é composto, principalmente, por constituintes das paredes celulares vegetais (celulose, hemicelulose e lenhina) (Van Soest et al., 1991).

Pesaram-se $0,5 \pm 0,05$ g de amostra para cadinhos de vidro com placa filtrante de porosidade 2, sendo, em seguida, colocados na unidade de digestão Dosi-fiber. Adicionaram-se 50 mL de solução de detergente neutro e 50 μ L de α -amílase termoestável, fervendo cerca de 60 min. Em seguida, os cadinhos foram filtrados na mesma unidade, lavados, por três vezes, com 30 mL de água fervente e, por duas vezes, com acetona. Os cadinhos e filtros foram colocados em estufa com circulação de ar a 103 ± 2 °C durante 24 h e pesados após arrefecimento até à temperatura ambiente em exsiccador. Os cadinhos e filtros com o resíduo fibroso seco foram incinerados em mufla, a 500 ± 2 °C, durante 48 h, sendo depois pesados, após arrefecimento em exsiccador.

O teor em FDN isento de cinza (em % de MS) foi calculado como:

$$FDN \text{ isento de cinza (\% MS)} = (P2 - P3) / P1 \times MS (\%) \times 100$$

onde,

- P1 - Peso da amostra (g);
- P2- Peso do cadinho mais resíduo após secagem (g);
- P3- Peso do cadinho mais resíduo após inceneração (g);

3.5.5- Gordura Bruta

O teor em gordura bruta (GB) foi determinado gravimetricamente como o resíduo remanescente após extração da amostra com éter de petróleo, sem hidrólise prévia.

Resumidamente, $5,0 \pm 0,2$ g de luzerna, foram pesados para cartuchos de extração e cobertos com algodão hidrófilo isento de gordura, que foram colocados em copos de extração, previamente tarados, com 140 mL de éter de petróleo 40-60 °C. Em seguida, os copos de extração foram colocados na unidade de extração Soxtherm (C. Gerhardt GmbH & Co. KG) onde a gordura foi extraída num programa de extração a quente (150 °C), com recirculação de solvente, durante 90 min, seguida da evaporação do solvente. Finda a extração, os copos com o resíduo de gordura foram secos em estufa com circulação de ar a 103 °C, durante 12 horas. Após arrefecerem em exsiccador até à temperatura ambiente, os copos de extração com o resíduo de gordura seco foram pesados.

O teor em GB (em % de MS) foi calculado como:

$$GB (\% MS) = (P3 - P2) / P1 \times MS (\%) \times 100 \times 100$$

onde,

- P1 - Peso da amostra (g);
- P2 - Peso do copo de extração (g);
- P3 - Peso do copo com a gordura após secagem (g).

3.5.6- Fibra Bruta

O teor de fibra bruta (FB) foi determinado através de uma amostra previamente desengordurada, que foi digerida com ácido sulfúrico a quente, lavada e filtrada e, de imediato, digerida com hidróxido de potássio a quente e novamente lavada e filtrada e o resíduo remanescente seco e incinerado. A perda de peso resultante da incineração do resíduo seco correspondeu à massa de fibra bruta.

Pesou-se para cada cadinho cerca de 1,0 g de amostra moída e colocou-se o cadinho no equipamento de determinação da fibra, do tipo Fibertec e adicionou-se aproximadamente, 30 mL de éter de petróleo sendo posteriormente filtrado usando o vácuo. Repetiu-se duas vezes. Secou-se o resíduo proveniente da filtração ao ar. Após este processo iniciou-se o procedimento de digestão, onde se colocou o cadinho no equipamento de determinação da fibra, adicionou-se 100 mL de solução H_2SO_4 0,15 M e ferveu-se durante 30 minutos, sob refluxo. Filtrou-se o resíduo usando vácuo e lavou-se com 10 mL de água quente. Repetindo-se quatro vezes. Adicionou-se acetona $(CH_3)_2CO$ até cobrir o resíduo. A seguir removeu-se a acetona após 2 minutos aplicando sucção ligeira. Após este passo, adicionou-se cerca de 100 mL de solução de hidróxido de potássio (KH 0,23 M) e ferveu-se durante 30 minutos, sob refluxo. Filtrou-se, sob vácuo, e lavou-se o resíduo com água quente até à neutralidade. Lavar o resíduo com 30 mL de acetona e secar o resíduo com sucção ligeira. Repetir duas vezes. Após o arrefecimento do cadinho, posto anteriormente na estufa durante 4 horas pesou-se o cadinho com o resíduo seco e anotou-se o peso. Colocou-se o cadinho na mufla e de seguida retirou-se para o excisador. Por fim, pesou-se o cadinho com o resíduo incinerado e registou-se o peso.

A percentagem de fibra bruta (em % de MS) foi calculado assim:

$$FB (\%) = \frac{(P2 - P3)}{P1 \times \%MS/100} \times 100$$

onde,

- P1 = peso da amostra (g),
- P2 = peso do cadinho mais resíduo após secagem (g),
- P3 = peso do cadinho mais resíduo após incineração (g)

3.5.7- Fibra de Detergente Ácido e Lenhina de Detergente Ácido

O teor de fibra de detergente ácido (FDA) e lenhina de detergente ácido (LDA) foram determinados a partir da fervura da amostra numa solução de detergente ácido para remoção dos hidratos de carbono ácido-lábeis, proteínas não complexadas em produtos de Maillard (danificadas pelo calor) e gorduras. O resíduo remanescente (principalmente constituído por celulose e lenhina, foi seco e pesado para a determinação da fibra de detergente ácido (FDA). Numa segunda fase, o resíduo anterior foi solubilizado com solução de ácido sulfúrico a 72% (12 M), remanescendo a lenhina (LDA), que foi determinada gravimetricamente após secagem e incineração.

Para a digestão com solução de detergente ácido, colocou-se o cadinho no equipamento de determinação da fibra, do tipo Fibertec e adicionou-se 50 mL de solução de detergente ácido deixando-se ferver durante 60 minutos, sob refluxo. Após este passo filtrou-se e lavou-se com 30 mL de água fervente. Adicionou-se acetona ((CH₃)₂CO) até cobrir o resíduo e removeu-se de seguida, passado 2 minutos. Após a secagem do resíduo, colocou-se o cadinho no exsicador para arrefecer à temperatura ambiente. Pesou-se o cadinho com o resíduo seco.

Para a digestão com ácido sulfúrico, colocou-se o cadinho numa cápsula de porcelana e adicionar 10 mL de solução H₂SO₄ a 72%, mexendo-se cuidadosamente para quebrar todos os aglomerados. Encheu-se o cadinho até metade da altura com a solução de H₂SO₄ e mexeu-se cada 30 minutos, durante 3 horas. Filtrou-se o máximo de H₂SO₄ possível no sistema de filtração por vácuo e lavou-se com água quente até o pH do filtrado ser próximo da neutralidade. Secou-se o cadinho na estufa a 103°C, durante pelo menos 4 horas. Por fim, deixou-se arrefecer à temperatura ambiente e pesou-se o cadinho com o resíduo seco. O último processo foi a incineração, onde se colocou o cadinho na mufla, aquecendo até aos 500°C e incinerou-se durante 2 horas. Por fim, deixou-se arrefecer num exsicador e pesou-se o cadinho com o resíduo incinerado.

A percentagem de FDA (em %MS) calculou-se a partir da seguinte equação:

$$ADF (\%) = \frac{(P3 - P5)}{P2 \times \%MS/100} \times 100$$

onde,

- P2 = peso da amostra (g),
- P3 = peso do cadinho mais resíduo do detergente ácido após secagem (g),
- P5 = peso do cadinho mais resíduo após incineração (g), e

A percentagem de LDA (em %MS) foi calculado como:

$$ADL (\%) = \frac{(P4 - P5)}{P2 \times \%MS/100} \times 100$$

onde,

- P2 = peso da amostra (g),
- P4 = peso do cadinho mais resíduo do H₂SO₄ 72% após secagem (g),
- P5 = peso do cadinho mais resíduo após incineração (g)

3.5.8- Cinza Insolúvel

A determinação da cinza insolúvel no ácido clorídrico foi feita gravimetricamente como o resíduo remanescente após fervura da cinza em ácido clorídrico. Após adicionar 5 g de amostra a uma cápsula, previamente tarada, anotou-se o valor, colocou-se numa mufla e aqueceu-se até aos 500°C, durante 3 horas. Depois transferiu-se as cápsulas para o exsiccador e deixou-se arrefecer até à temperatura ambiente. Transferiu-se a cinza para um gobelé de 400 mL, e adicionou-se 75 mL de HCl 3 M. Aqueceu-se cuidadosamente a mistura na placa de aquecimento até à fervura, mantendo a ebulição durante 15 min. Filtrou-se a mistura e pesou-se a cápsula vazia, previamente incinerada e anotou-se o peso. A seguir, transferiu-se o papel de filtro com o resíduo para a cápsula e secou-se numa estufa a 103 °C. Colocou-se a cápsula com o papel de filtro e resíduo na mufla fria, aqueceu-se a 500 °C, durante 2 h. Retirou-se as cápsulas para o exsiccador para arrefecerem até à temperatura ambiente. Pesou-se as cápsulas com o resíduo incinerado e anotou-se o valor.

Percentagem de cinza insolúvel no ácido clorídrico (em %MS):

$$\% \text{ cinza insolúvel} = \frac{(P3 - P2)}{P1 \times \%MS/100} \times 100$$

onde,

- P1 = peso da amostra (g),
- P2 = peso da cápsula vazia (g),
- P3 = peso da cápsula com a amostra após incineração (g)

3.6- Colheita e Preparação das Amostras de Solo

As amostras de solo foram colhidas aleatoriamente, utilizando uma sonda manual com um volume de 200 g/m³, em vários pontos do talhão perfazendo um volume total de 1 Kg/m³. Esta metodologia foi feita em todos os talhões, antes da calagem, após a calagem (passados três meses e uma semana) (nos dois tratamentos) e no fim do ciclo cultural (20 de janeiro de 2021). Seguidamente, foram colocadas em sacos de plástico e enviadas para o laboratório A2 ANÁLISES QUÍMICA, para serem analisados os seguintes parâmetros: pH (H₂O) (POS.002/Potenciometria), pH (CaCl₂) (POS.003/Potenciometria), condutividade elétrica (POS.006/Conductimetria), Matéria orgânica (POS.007/Catarometria /cálculo), azoto total (POS.008/Catarometria), razão carbono: azoto (cálculo), fósforo

(P₂O₅) (POS.011/ ICP-OES (Extração em Mehlich 3)), potássio (K₂O) (POS.011/ ICP-OES (Extração em Mehlich 3)), cálcio (CaO) (POS.011/ ICP-OES (Extração em Mehlich 3)), magnésio (MgO) (POS.011/ ICP-OES (Extração em Mehlich 3)), enxofre (POS.011/ ICP-OES (Extração em Mehlich 3)), ferro (POS.011/ ICP-OES (Extração em Mehlich 3)), manganês (POS.011/ ICP-OES (Extração em Mehlich 3)), Índice de atividade de manganês (POS.011/ ICP-OES (Extração em Mehlich 3)), boro (POS.011/ ICP-OES (Extração em Mehlich 3)), cobre (POS.011/ ICP-OES (Extração em Mehlich 3)), zinco (POS.011/ ICP-OES (Extração em Mehlich 3)), molibdênio (POS.011/ ICP-OES (Extração em Mehlich 3)), sódio (POS.011/ ICP-OES (Extração em Mehlich 3)), níquel (POS.011/ ICP-OES (Extração em Mehlich 3)), cobalto (POS.011/ ICP-OES (Extração em Mehlich 3)), Bases de troca- Alumínio (POS.012/ ICP-OES (Extração em cloreto de hexaminacbalto III))

3.7- Análise Estatística

O ensaio foi conduzido com delineamento, em blocos, completamente casualizado em 24 parcelas de 16 m², correspondentes a 2 tratamentos de calagem, 2 variedades, 2 frequências de cortes e 3 repetições. As diferenças entre as variáveis independentes para cada uma das variáveis dependentes foram obtidas através da análise de variância (ANOVA) e as medias foram comparadas recorrendo ao teste de Duncan.

4- Resultados

4.1- Cortes mensais

4.1.1- Infestantes

As normas em vigor na gestão do campo experimental de Vairão, não permitem o controlo químico de infestantes. Por esta razão o campo foi afetado por infestantes. O crescimento e desenvolvimento das infestantes foi influenciado pela aplicação do carbonato de cálcio no solo (Fig.13). O solo sem CaO teve uma maior percentagem de infestantes ($p < 0,05$). Os talhões de variedades diferentes não se verificaram diferenças significativas ($p < 0,05$) na percentagem de infestantes (Fig.13).

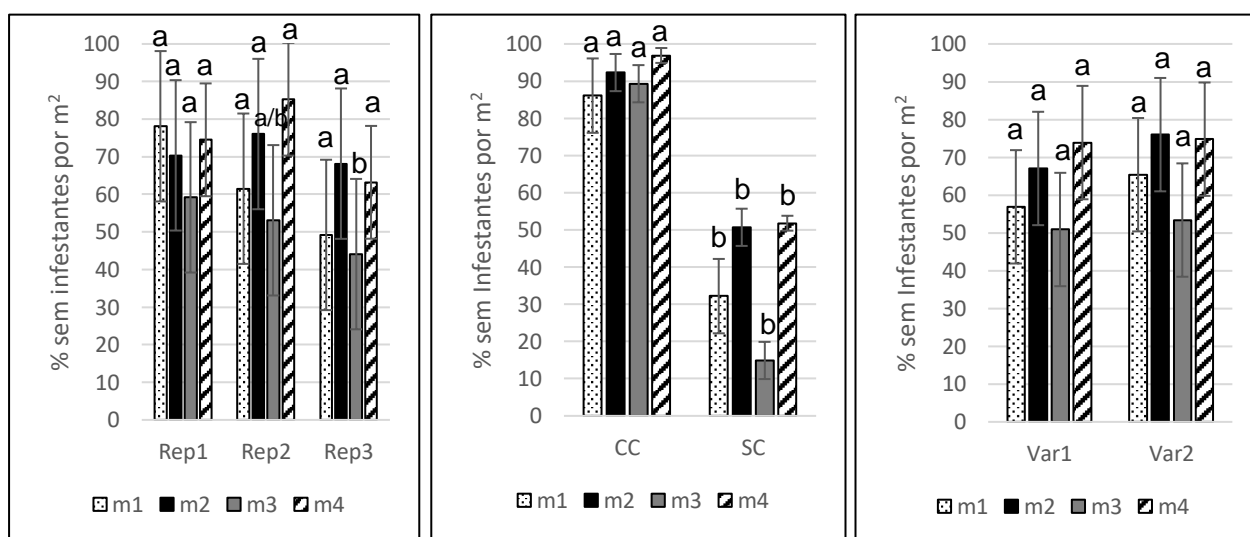


Figura 9- Percentagem sem infestantes (%) por m^2 , nos cortes mensais, nas repetições, na calagem e nas variedades. Barras com notações diferentes (a, b, c) são significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Principais infestantes nos cortes mensais

Aquando do primeiro corte mensal (m1), as infestantes predominantemente presentes na parcela tratada com calagem, foram o Saramago (*Raphanistrum* L.) e o Catassol (*Chenopodium álbum* L.) e na parcela sem calagem foram o Amaranto (*Amaranthus deflexus* L.) e a Margaça das Boticas (*Chamomilla recutita* L.). Também é de referir outras espécies presentes com menor representatividade presentes em ambas as parcelas, como a Grama (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.), a Soagem (*Echium plantagineum* L.), a Margaça das Boticas (*Chamomilla recutita* L.), a Figueira do Inferno (*Datura stramonium* L.), a Erva Moleirinha (*Fumaria officinalis* L.) e a Serralha Macia (*Sonchus oleraceus* L.).

No segundo corte mensal (m2), infestantes como a Língua de Ovelha (*Plantago lanceolata* L.), o Amaranto (*Amaranthus deflexus* L.), a Soagem (*Echium plantagineum* L.), a Beldroega (*Portulaca oleracea* L.), a Corriola (*Convolvulus arvenses* L.), o Saramago (*Raphanistrum* L.) e a Quinoa (*Chenopodium quinoa*), foram observadas predominantemente na parcela sem calagem.

Aquando do terceiro corte mensal (m3) as infestantes predominantemente presentes na parcela não tratada com calagem foram a Língua de Ovelha (*Plantago lanceolata* L.), o Amaranto (*Amaranthus deflexus* L.), a Quinoa (*Chenopodium quinoa*), a Corriola (*Convolvulus arvenses* L.), a Erva Moira (*Solanum nigrum* L.), a Avoadinha (*Conyza canadensis* (L.) Cronq.), a Labaça Obtusa (*Rumex obtusifolius* L.), a Serralha Macia (*Sonchus oleraceus* L.), a Erva Pata (*Oxalis pes-carprae* L.), a Sempre Noiva (*Polygonum aviculare* L.) e algumas espécies pertencentes às famílias das brássicas. As infestantes predominantes, no solo com tratamento de óxido de cálcio foram o Amaranto (*Amaranthus deflexus* L.), a Quinoa (*Chenopodium quinoa*), a Erva Moira (*Solanum nigrum* L.), a Avoadinha (*Conyza canadensis* (L.) Cronq.) e Língua de Ovelha (*Plantago lanceolata* L.).

No quarto corte mensal (m4), as infestantes que prevaleceram na parcela não tratada com calagem foram Labaça Obtusa (*Rumex obtusifolius* L.), a Língua de Ovelha (*Plantago lanceolata* L.) e o Saramago (*Raphanistrum* L.).

4.1.2- Crescimento das plantas de luzerna

4.1.2.1- Crescimento das plantas de luzerna submetidas a cortes mensais

No crescimento geral das plantas de luzerna provenientes de variedades diferentes (Figura) ou que se tenham desenvolvidos em solos tratados com CaO não se verificaram diferenças significativas ($p < 0,05$). As plantas da Repetição III tiveram um menor crescimento ($p < 0,05$) em todos os cortes mensais (Fig.14).

Contudo, o crescimento das plantas submetidas a cortes mensais variou ($p < 0,05$) ao longo do tempo, tendo-se verificado um aumento ($p < 0,05$) entre o primeiro (22,5 cm) e o segundo corte (49,6 cm) e uma diminuição ($p < 0,05$) entre o segundo e o terceiro e quarto corte (26,4 cm e 19,4cm, respetivamente).

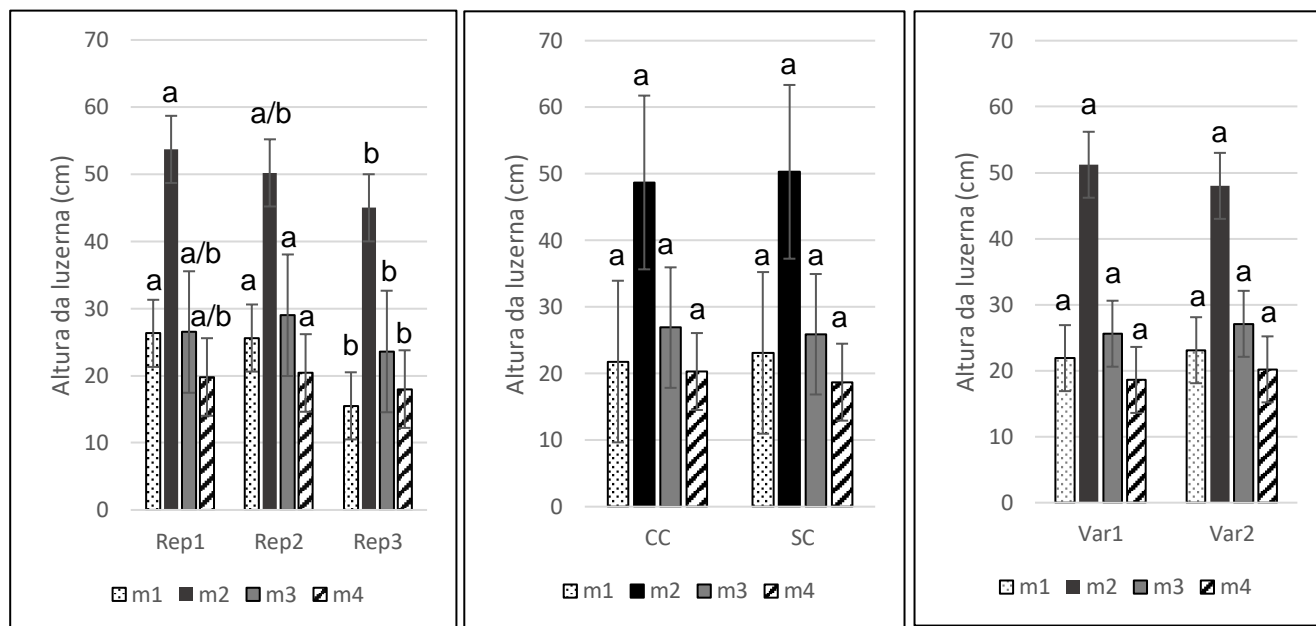


Figura 10- Valores médios do crescimento da luzerna, em cortes mensais, nas repetições, na calagem e nas variedades. Barras com notações diferentes (a, b, c) são significativamente diferentes ($P < 0,05$).

4.1.2.2- Crescimento cumulativo das plantas de luzerna submetidas a cortes mensais

Observaram-se diferenças significativas entre as repetições (Repeticao I = 126,3 cm; Repeticao II = 125,2 cm; Repeticao III = 102,1 cm), porque as plantas no primeiro corte mensal tiveram um menor crescimento na Repetição III (figura 16). Não se verificaram diferenças significativas ($p < 0,05$) no crescimento geral das plantas de luzerna provenientes de variedades diferentes (figura 16) ou que se tenham desenvolvidos em solos tratados com óxido de cálcio (Fig.15).

O valor cumulativo da altura das plantas nos quatro cortes mensais foi cerca de 117,9 cm.

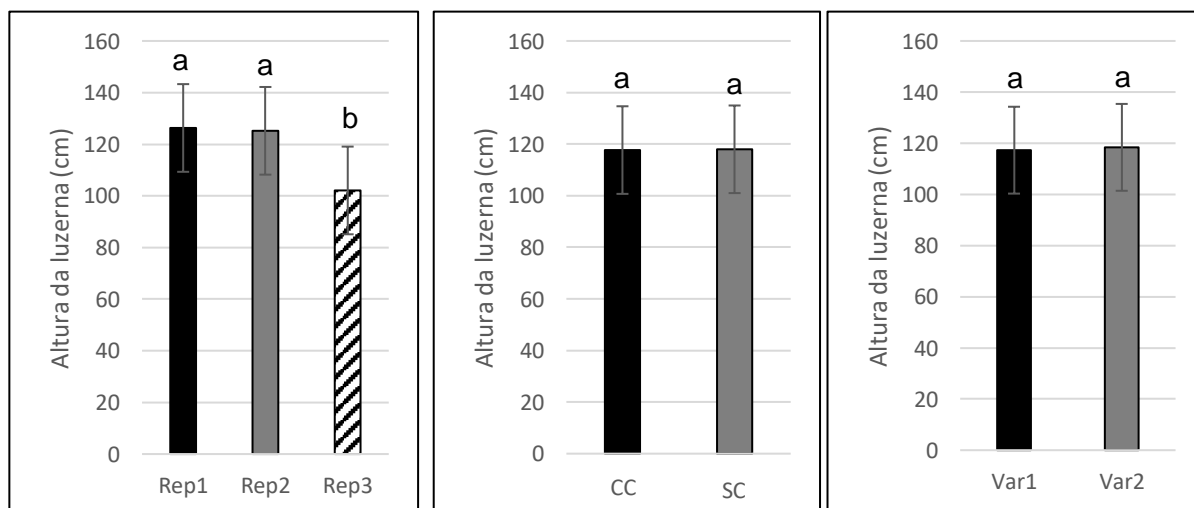


Figura 11- Valores cumulativos do crescimento da luzerna, em cortes mensais, nas repetições, na calagem e nas variedades. Barras com notações diferentes (a, b, c) são significativamente diferentes ($P < 0,05$).

4.1.3- Peso fresco das plantas de luzerna

4.1.3.1- Peso Fresco das plantas de luzerna submetidas a cortes mensais

Não se verificaram diferenças significativas ($p < 0,05$) no Peso Fresco das plantas de luzerna provenientes de variedades diferentes (figura 17). Observaram-se diferenças significativas ($p < 0,05$) no Peso Fresco das plantas entre repetições (figura 17), principalmente no segundo ($m_2 = 0,8$ Kg) e no quarto corte ($m_4 = 1,1$ Kg). Também no Peso Fresco, nos solos tratados com CaO, houve uma influência significativa. O Peso Fresco das plantas desenvolvidas em solos não tratados com CaO foi inferior ($p < 0,05$) em relação ao das plantas desenvolvidas em solos tratados com carbonato de cálcio (Fig.16).

O Peso Fresco das plantas submetidas a cortes variou ($p < 0,05$) ao longo do tempo, tendo-se verificado um aumento ($p < 0,05$) nos três primeiros cortes ($m_1 = 0,8$ Kg; $m_2 = 0,9$ Kg; e $m_3 = 1,2$ Kg) e uma diminuição ($p < 0,05$) entre o terceiro e quarto corte ($m_3 = 1,2$ Kg; $m_4 = 1,1$ Kg).

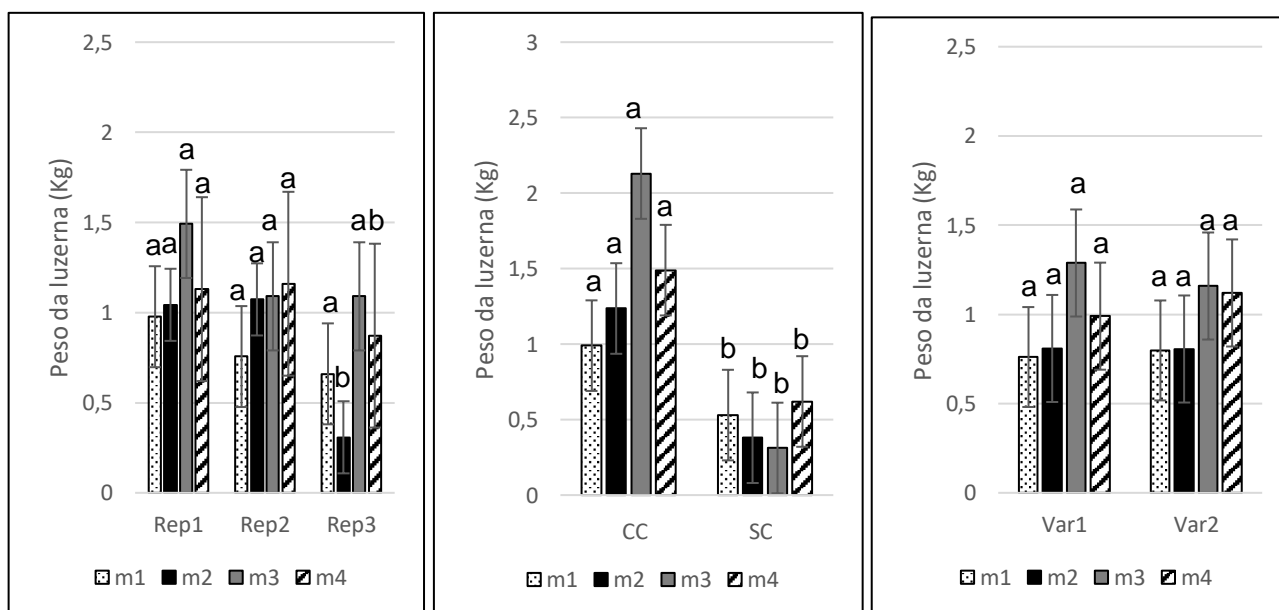


Figura 12- Valores médios do peso da luzerna, em cortes mensais, nas repetições, na calagem e nas variedades. Barras com notações diferentes (a, b, c) são significativamente diferentes ($P < 0,05$).

4.1.3.2- *Peso Fresco cumulativo das plantas de luzerna submetidas a cortes mensais*

Não se verificaram diferenças significativas ($p < 0,05$) no crescimento geral das plantas de luzerna entre as repetições (figura 19) e entre variedades (figura 19). O peso cumulativo das plantas de luzerna cortadas mensalmente e que se desenvolveram em solos tratados com CaO (Fig.17) foi significativamente superior ($p < 0,05$) em relação ao das plantas que se desenvolveram nos solos não tratados.

O Peso Fresco cumulativo nos quatro cortes mensais foi de 3,9 Kg/m².

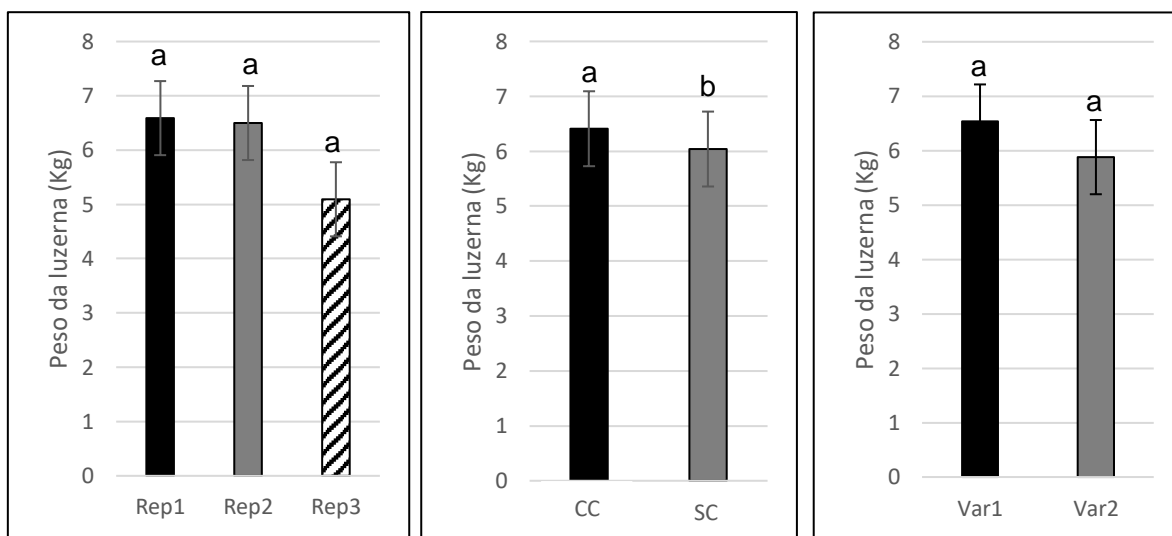


Figura 13- Valores cumulativos do peso da luzerna, em cortes mensais, nas repetições, na calagem e nas variedades. Barras com notações diferentes (a, b, c) são significativamente diferentes ($P < 0,05$).

4.1.4- Matéria Seca das plantas de luzerna

4.1.4.1- Matéria Seca das plantas de luzerna em cada corte mensal

Os maiores ($p < 0,05$) valores de MS foram obtidos nos dois primeiros cortes nas plantas da luzerna da Repetição III (figura 19). Não se verificaram diferenças significativas ($p < 0,05$) na MS das plantas de luzerna provenientes de variedades diferentes (Fig.18) ou que se tenham desenvolvidos em solos tratados com óxido de cálcio (Fig.18).

A percentagem em MS variou ($p < 0,05$) ao longo do tempo, tendo-se verificado uma diminuição ($p < 0,05$) entre o primeiro ($m1 = 28,1\%$) e o segundo corte ($m2 = 19,3\%$) e entre o terceiro e quarto corte ($m3 = 21,8\%$, $m4 = 13,0\%$).

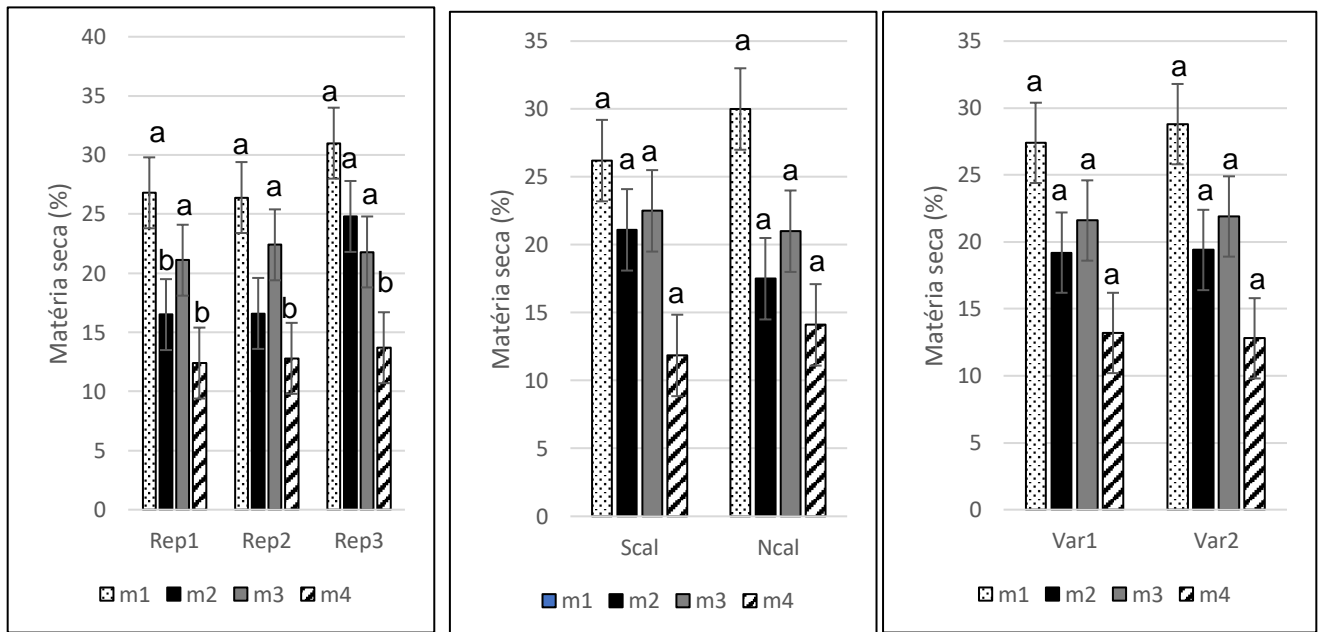


Figura 14- Percentagem de matéria seca de luzerna, em cortes mensais, nas repetições, na calagem e nas variedades. Barras com notações diferentes (a, b, c) são significativamente diferentes ($P < 0,05$).

4.1.5- Composição Química- MS, Cinza, PB, FDN, FB, GB, FDA, LDA e Cinza Insolúvel

As Tabelas 2,3 e 4 apresentam os valores da análise química da luzerna submetida a cortes mensais. Não se encontraram diferenças significativas entre as repetições (Tabela 2) nos seguintes componentes: cinzas, proteína bruta e cinza insolúvel. A matéria seca foi significativamente ($p < 0,05$) superior na Repetição III. Os teores de FDN e FDA foram significativamente ($p < 0,05$) inferiores na Repetição III.

Tabela 2-Composição química da luzerna (% na matéria seca, MS) em cortes mensais, nas repetições.

Componentes	Repetição I	Repetição II	Repetição III
MS %	19,62 \mp 6,2 ^b	20,07 \mp 5,8 ^b	24,71 \mp 7,9 ^a
Cinza	11,45 \mp 1,4 ^a	11,60 \mp 1,0 ^a	11,43 \mp 1,4 ^a
PB	21,48 \mp 7,5 ^a	21,36 \mp 7,0 ^a	20,32 \mp 7,8 ^a
FDN	41,11 \mp 3,9 ^a	39,78 \mp 4,5 ^a	38,17 \mp 5,5 ^b
FB	25,59 \mp 4,0 ^a	24,36 \mp 4,0 ^{a/b}	23,20 \mp 5,9 ^b
GB	3,07 \mp 0,5 ^a	2,98 \mp 0,5 ^{a/b}	2,85 \mp 0,5 ^b
FDA	30,48 \mp 3,7 ^a	29,54 \mp 3,9 ^a	26,92 \mp 5,7 ^b
LDA	7,44 \mp 1,4 ^{a/b}	8,04 \mp 1,9 ^a	6,76 \mp 1,2 ^b
Cinza insolúvel	0,30 \mp 0,4 ^a	0,33 \mp 0,5 ^a	0,13 \mp 0,1 ^a

Para o nível de significância considerado ($p < 0,05$), a luzerna nas parcelas sem calagem (Tabela 3) apresentou maiores valores de MS e GB e nas parcelas tratadas com calagem, os valores de cinza, PB, FB, FDA e LDA foram superiores aos das parcelas não tratadas com calagem.

Tabela 3- Composição química da luzerna (% na matéria seca, MS) em cortes mensais, com e sem calagem.

Componentes	Sem calagem	Com Calagem
MS %	23,75 \mp 0,7 ^a	20,04 \mp 6,5 ^b
Cinza	10,66 \mp 0,5 ^b	11,91 \mp 1,3 ^a
PB	15,65 \mp 4,9 ^b	23,76 \mp 6,7 ^a
FDN	37,18 \mp 3,7 ^b	40,94 \mp 4,7 ^a
FB	23,97 \mp 3,7 ^b	24,59 \mp 5,2 ^a
GB	3,06 \mp 0,4 ^a	2,92 \mp 0,5 ^b
FDA	27,79 \mp 3,8 ^b	29,57 \mp 5,0 ^a
LDA	6,23 \mp 0,7 ^b	8,01 \mp 1,5 ^a
Cinza insolúvel	0,16 \mp 0,1 ^b	0,30 \mp 0,4 ^a

Ao analisar os resultados referentes às variedades (Tabela 4), verifica-se que a variedade 1 obteve um teor superior ($p < 0,05$) de PB e GB. Contrariamente a variedade 2 apresentou valores superiores ($p < 0,05$) de fibra bruta (FB) e fibra em detergente ácido (FDA). Em relação ao teor de cinza, LDA, FDN e cinza insolúvel não se verificaram diferenças significativas ($p < 0,05$) entre as variedades.

Tabela 4-Composição química da luzerna (% na matéria seca, MS) em cortes mensais, nas variedades.

Componentes	Variedade 1	Variedade 2
MS %	20,99 \mp 7,0 ^a	21,56 \mp 6,8 ^a
Cinza	11,59 \mp 1,3 ^a	11,39 \mp 1,2 ^a
PB	21,72 \mp 7,6 ^a	20,39 \mp 7,0 ^b
FDN	39,14 \mp 4,7 ^a	40,23 \mp 4,8 ^a
FB	24,00 \mp 4,9 ^b	24,77 \mp 4,6 ^a
GB	3,04 \mp 0,5 ^a	2,87 \mp 0,4 ^b
FDA	28,46 \mp 4,8 ^b	29,49 \mp 4,5 ^a
LDA	7,57 \mp 1,9 ^a	7,26 \mp 1,2 ^a
Cinza insolúvel	0,29 \mp 0,4 ^a	0,21 \mp 0,3 ^a

4.2- Cortes Bimensais

4.2.1- Infestantes

Como já foi referido no ponto 4.1.1, as normas em vigor na gestão do campo experimental de Vairão, não permitem o controlo químico de infestantes. Assim, houve um elevado aparecimento de infestante no terreno. A figura 20 apresentam valores de percentagem de plantas de luzerna colhidas ao longo dos dois cortes bimensais. Também nos cortes bimensais, houve diferenças significativas ($p < 0,05$) entre o tratamento de calagem do solo (Fig.19). Não se verificaram diferenças significativas ($p < 0,05$) entre as variedades e as repetições (Fig.19). Em particular, a percentagem de infestantes foi superior ($p < 0,05$) onde não se realizou a calagem (Fig.19), havendo uma Influência positiva nos solos com tratamento de CaO.

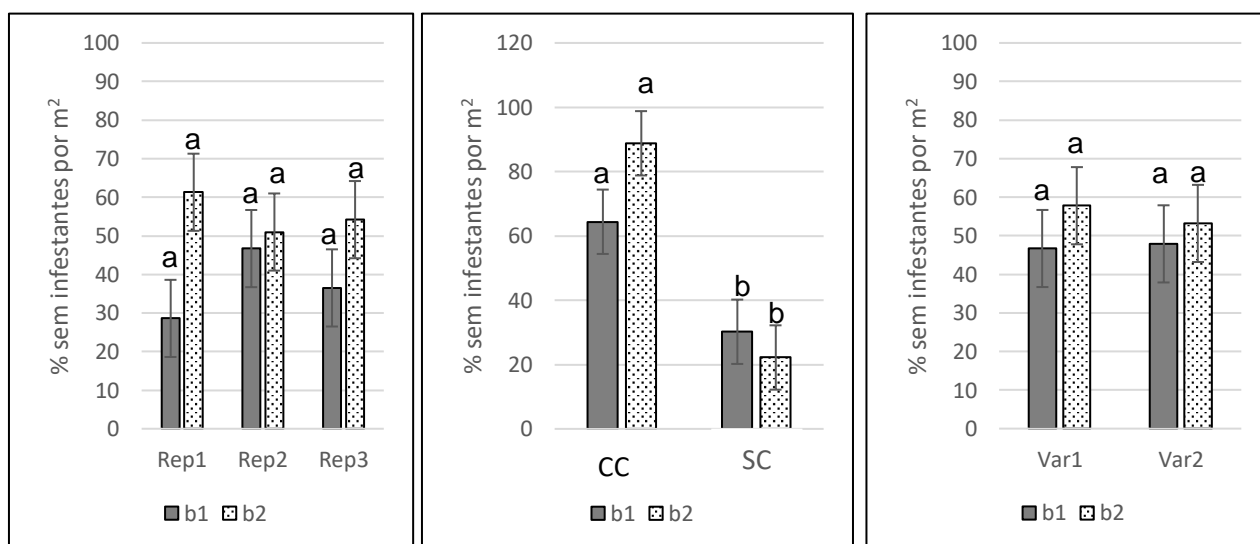


Figura 15- Percentagem sem infestantes (%) por m², nos cortes bimensais, nas repetições, na calagem e nas variedades. Barras com notações diferentes (a, b, c) são significativamente diferentes ($P < 0,05$).

No primeiro corte bimensal (b1), infestantes como a Língua de Ovelha (*Plantago lanceolata* L.), o Amarantho (*Amaranthus deflexus* L.), a Soagem (*Echium plantagineum* L.), a Beldroega (*Portulaca oleracea* L.), a Corriola (*Convolvulus arvenses* L.), o Saramago (*Raphanistrum* L.) e a Quinoa (*Chenopodium quinoa*), foram observadas predominantemente na parcela sem calagem.

Aquando do segundo corte bimensal (b2) as infestantes predominantemente presentes na parcela não tratada com calagem foram a Língua de Ovelha (*Plantago lanceolata* L.), o Amarantho (*Amaranthus deflexus* L.), a Quinoa (*Chenopodium quinoa*), a Corriola (*Convolvulus arvenses* L.), a Erva Moira (*Solanum nigrum* L.), a Avoadinha (*Conyza canadensis* (L.) Cronq.), a Labaça Obtusa (*Rumex obtusifolius* L.), a Serralha Macia

(*Sonchus oleraceus* L.), a Erva Pata (*Oxalis pes-carprae* L.), a Sempre Noiva (*Polygonum aviculare* L.) e algumas espécies pertencentes às famílias das brássicas. As infestantes predominantes, no solo com tratamento de óxido de cálcio foram o Amarantho (*Amaranthus deflexus* L.), a Quinoa (*Chenopodium quinoa*), a Erva Moira (*Solanum nigrum* L.), a Avoadinha (*Conyza canadensis* (L.) Cronq.) e Língua de Ovelha (*Plantago lanceolata* L.).

4.2.2- Crescimento das plantas de luzerna

4.2.2.1- Crescimento das plantas de luzerna submetidas a cortes bimensais

Não se verificaram diferenças significativas ($p < 0,05$) no crescimento geral das plantas de luzerna entre as repetições, entre variedades ou que se tenham desenvolvidos em solos tratados com CaO (Fig.20).

O crescimento das plantas no segundo corte bimensal ($b_2=21,1\text{cm}$) foi cerca de 27 cm inferior ($p < 0,05$) em relação ao primeiro ($b_1=48,5\text{ cm}$).

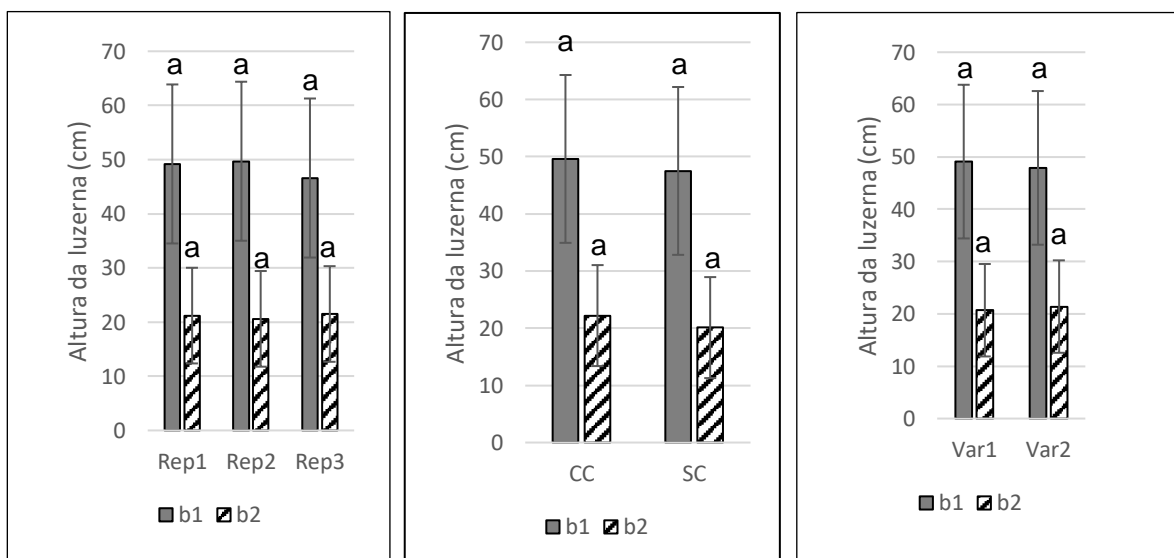


Figura 16- Valores médios do crescimento da luzerna, em cortes bimensais, nas repetições, na calagem e nas variedades. Barras com notações diferentes (a, b, c) são significativamente diferentes ($P < 0,05$).

4.2.2.2- Crescimento cumulativo das plantas de luzerna submetidas a cortes bimensais

Os cortes bimensais não apresentaram diferenças no seu desenvolvimento nas três repetições.

Não se verificaram diferenças significativas ($p < 0,05$) no crescimento geral das plantas de luzerna provenientes de variedades diferentes (figura 22) ou que se tenham desenvolvidos em solos tratados com óxido de cálcio (Fig.21).

O valor cumulativo da altura das plantas dos dois cortes bimensais foi de 69,6 cm.

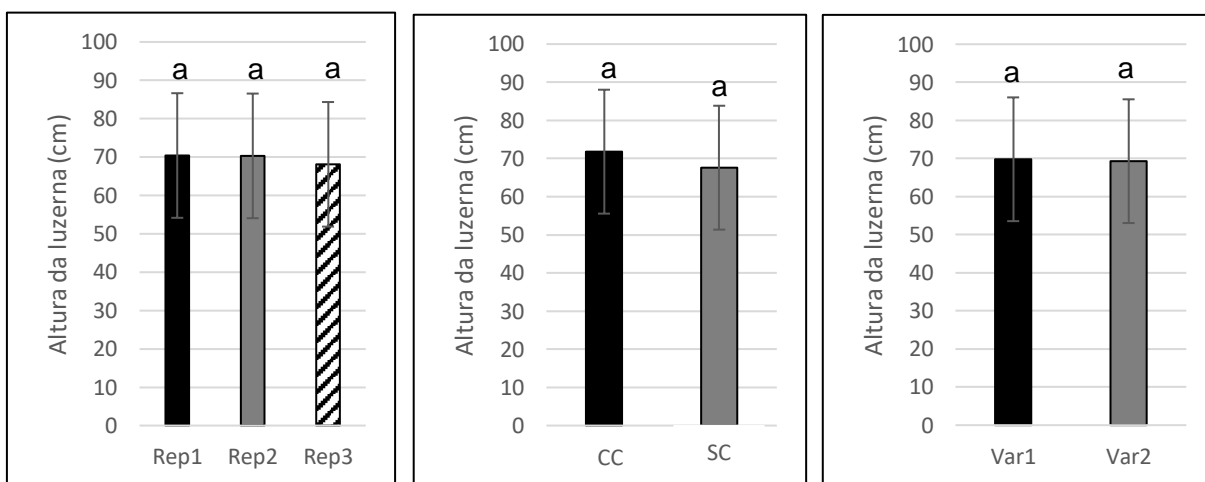


Figura 17- Valores cumulativos do peso da luzerna, em cortes bimensais, nas repetições, na calagem e nas variedades. Barras com notações diferentes (a, b, c) são significativamente diferentes ($P < 0,05$).

4.2.3- Peso fresco das plantas de luzerna

4.2.3.1- Peso Fresco das plantas de luzerna submetidas a cortes bimensais

Entre repetições, tratamento do solo com CaO e variedades, verificaram-se diferenças singnificativas ($p < 0,05$) no Peso Fresco das plantas de luzerna, no segundo corte bimensal. No primeiro corte bimensal, encontraram-se diferenças significativas ($p < 0,05$) entre as repetições (Fig.22) e entre tratamentos com CaO (Fig.22).

O Peso Fresco das plantas submetidas a cortes bimensais aumentou ($p < 0,05$), aproximadamente o dobro, entre o primeiro e o segundo corte ($b_1 = 0,7$ Kg e $b_2 = 1,4$ Kg).

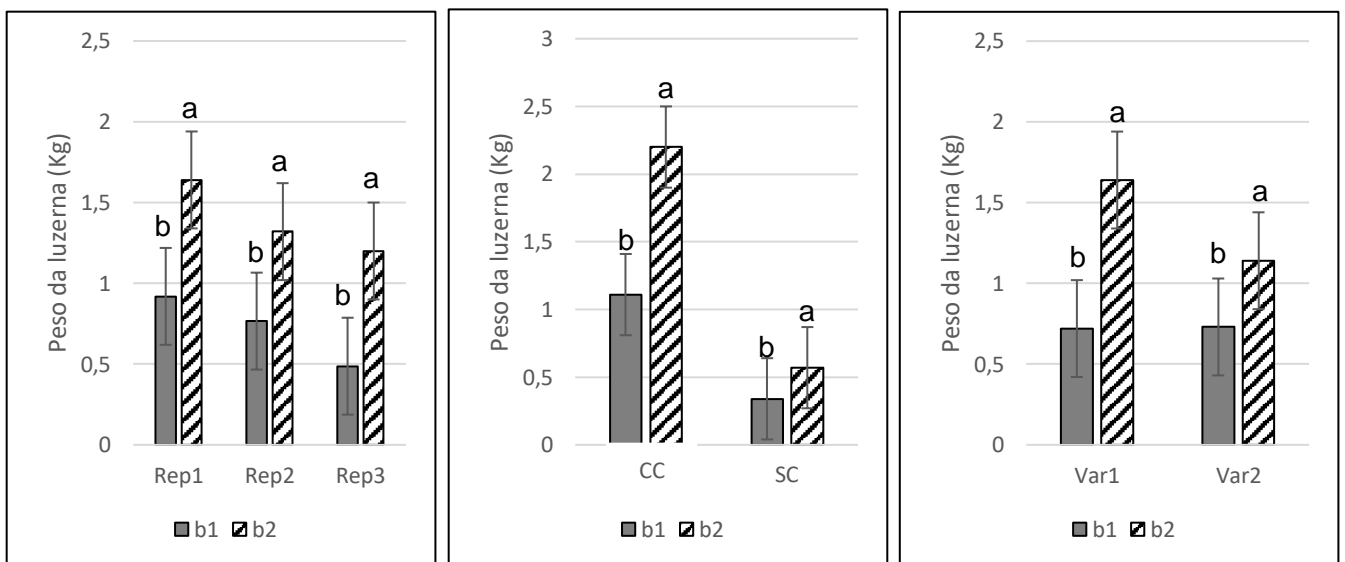


Figura 18- Valores médios do peso da luzerna, em cortes bimensais, nas repetições, na calagem e nas variedades. Barras com notações diferentes (a, b, c) são significativamente diferentes ($P < 0,05$).

4.2.3.2- *Peso Fresco cumulativo das plantas de luzerna submetidas a cortes bimensais*

Aplicação de óxido de cálcio no solo levou a uma maior produção ($p < 0,05$) de peso fresco por metro quadrado, do que em relação ao solo sem a aplicação de CaO. No entanto, não houve diferenças ($p < 0,05$) entre as repetições e as variedades (Fig.23).

O peso cumulativo das plantas no segundo corte bimensal ($b_2 = 2,11$ Kg) foi 1,86 Kg inferior ($p < 0,05$) em relação ao primeiro ($b_1 = 3,95$ Kg).

O Peso Fresco cumulativo nos quatro cortes mensais foi de 2,1 Kg/m².

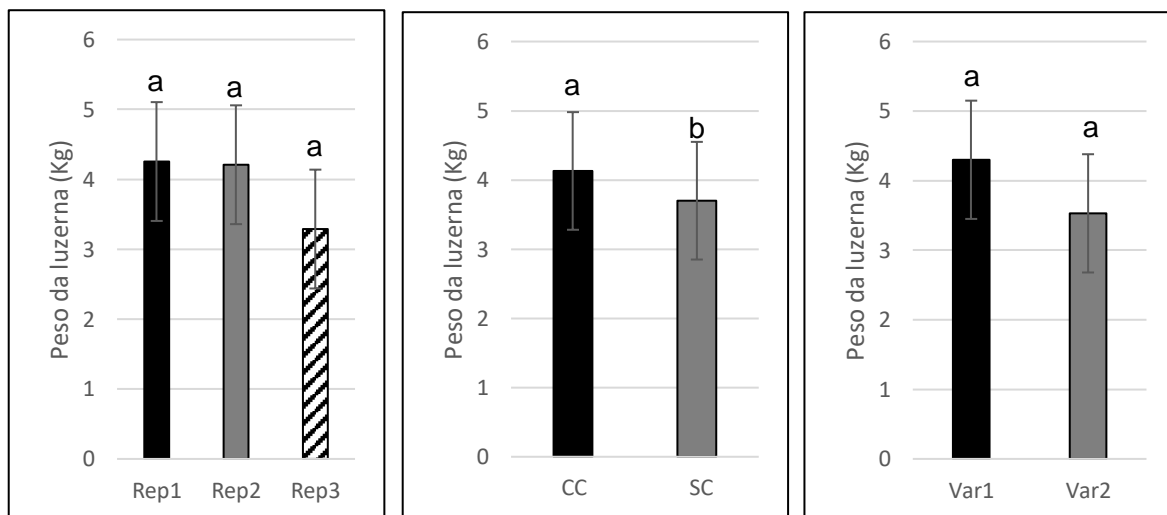


Figura 19- Valores cumulativos do peso da luzerna, em cortes bimensais, nas repetições, na calagem e nas variedades. Barras com notações diferentes (a, b, c) são significativamente diferentes ($P < 0,05$).

4.2.4- Matéria Seca das plantas de luzerna

4.2.4.1- Matéria Seca das plantas de luzerna em cada corte bimensal

Não se verificaram diferenças significativas ($p < 0,05$) na percentagem de matéria seca das plantas de luzerna provenientes de repetições diferentes, provenientes dos solos como e sem calagem e de variedades diferentes (Fig.24).

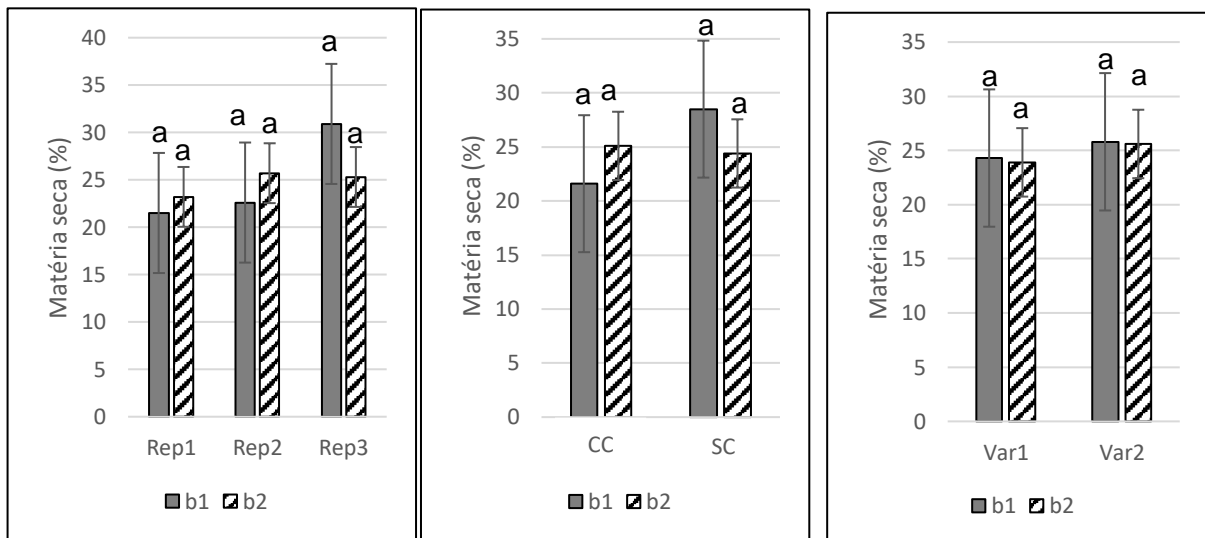


Figura 20- Percentagem de matéria seca de luzerna, em cortes bimensais, nas repetições, na calagem e nas variedades. Barras com notações diferentes (a, b, c) são significativamente diferentes ($P < 0,05$).

4.2.5- Composição Química- MS, Cinza, PB, FDN, FB, GB, FDA, LDA e Cinza Insolúvel

Abaixo estão apresentadas os valores da análise química da luzerna submetida a cortes bimensais. Não se encontraram diferenças significativas entre as repetições (Tabela 5) nos seguintes componentes: cinzas, proteína bruta e cinza insolúvel. A matéria seca foi significativamente ($p < 0,05$) superior na Repetição III. Os teores de FDN (fibra em detergente neutro) e FDA (fibra em detergente ácido) foram significativamente ($p < 0,05$) inferiores na Repetição III.

Tabela 5- Composição química da luzerna (% na matéria seca, MS) em cortes bimensais, nas repetições.

Componentes	Repetição I	Repetição II	Repetição III
MS %	22,86 \mp 3,3 ^b	23,47 \mp 2,8 ^b	28,85 \mp 6,6 ^a
Cinza	11,24 \mp 1,6 ^a	11,68 \mp 0,6 ^a	11,53 \mp 1,4 ^a
PB	19,48 \mp 4,0 ^a	18,26 \mp 5,1 ^a	17,30 \mp 5,3 ^a
FDN	49,05 \mp 6,4 ^a	49,30 \mp 6,1 ^a	47,98 \mp 5,5 ^b
FB	31,53 \mp 4,2 ^a	30,97 \mp 1,3 ^{a/b}	30,65 \mp 2,2 ^b
GB	2,86 \mp 0,5 ^a	2,84 \mp 0,2 ^{a/b}	2,81 \mp 0,4 ^b
FDA	38,25 \mp 5,6 ^a	37,87 \mp 3,9 ^a	37,22 \mp 4,3 ^b
LDA	10,10 \mp 2,5 ^{a/b}	10,05 \mp 2,3 ^a	9,93 \mp 1,9 ^b
Cinza insolúvel	1,12 \mp 1,4 ^a	0,91 \mp 1,1 ^a	1,03 \mp 1,8 ^a

Para o nível de significância considerado ($p < 0,05$), a luzerna nas parcelas sem calagem (Tabela 6) apresentou maiores valores de matéria seca e GB e nas parcelas tratadas com calagem, os valores de cinza, PB, FB, FDA e LDA foram superiores aos das parcelas não tratadas com calagem.

Tabela 6- Composição química da luzerna (% na matéria seca, MS) em cortes bimensais, com e sem calagem.

Componentes	Sem calagem	Com Calagem
MS %	28,45 \mp 6,3	23,37 \mp 3,5 ^b
Cinza	11,09 \mp 0,8 ^b	11,68 \mp 1,4 ^a
PB	13,46 \mp 3,3 ^b	20,79 \mp 2,9 ^a
FDN	43,20 \mp 1,2 ^b	51,56 \mp 4,9 ^a
FB	29,41 \mp 1,2 ^b	31,86 \mp 2,9 ^a
GB	2,98 \mp 0,2 ^a	2,76 \mp 0,4 ^b
FDA	35,16 \mp 1,5 ^b	39,09 \mp 4,8 ^a
LDA	8,33 \mp 0,9 ^b	10,87 \mp 2,0 ^a
Cinza insolúvel	0,35 \mp 0,1 ^b	1,36 \mp 1,6 ^a

As variedades também apresentaram diferentes valores nos parâmetros de qualidade avaliados (Tabela 7). A variedade 1 obteve um teor superior ($p < 0,05$) de PB e GB, mas a variedade 2 apresentou valores superiores ($p < 0,05$) de fibra bruta (FB) e fibra em detergente ácido (FDA). Quanto aos restantes componentes químicos analisados, não se verificaram diferenças significativas ($p < 0,05$) entre as variedades.

Tabela 7- Composição química da luzerna (% na matéria seca, MS) em cortes bimensais, nas variedades.

Componentes	Variedade 1	Variedade 2
MS %	24,57 \mp 4,3 ^a	25,55 \mp 6,0 ^a
Cinza	11,93 \mp 3,8 ^a	11,04 \mp 5,4 ^a
PB	19,24 \mp 3,8 ^a	17,45 \mp 5,4 ^b
FDN	47,53 \mp 5,7 ^a	50,02 \mp 5,7 ^a
FB	30,15 \mp 3,0 ^b	31,94 \mp 2,2 ^a
GB	2,91 \mp 0,4 ^a	2,76 \mp 0,3 ^b
FDA	37,12 \mp 5,2 ^b	38,44 \mp 3,6 ^a
LDA	9,98 \mp 2,4 ^a	10,07 \mp 1,8 ^a
Cinza insolúvel	1,24 \mp 1,5 ^a	0,80 \mp 1,2 ^a

4.2.6- Comparação da composição Química dos cortes mensais e bimensais

Na tabela abaixo mencionada (Tabela 8) apresenta os valores dos valores da análise química dos cortes mensais e bimensais, verifica-se que, a frequência de cortes teve influência nos valores da composição química da luzerna.

Em geral, os cortes mensais tiveram percentagens superiores ($p < 0,05$) de proteína bruta (PB) e gordura bruta (GB).

Os cortes bimensais, quanto à percentagem de cinza, fibra bruta (FB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lenhina em detergente ácido (LDA) e cinza insolúvel obtiveram valores mais altos ($p < 0,05$), quando comparados aos valores dos cortes mensais

Tabela 8- Composição Química- MS, Cinza, PB, FDN, FB, GB, FDA, LDA e Cinza Insolúvel dos cortes mensais e bimensais

Componentes	Corte Mensal				Corte Bimensal	
	m1	m2	m3	m4	b1	b2
Cinza	10,9 \pm 0,7 ^c	10,9 \pm 0,7 ^c	11,4 \pm 0,4 ^c	13,8 \pm 0,8 ^a	10,9 \pm 0,8 ^c	12,5 \pm 1,4 ^b
PB	13,2 \pm 2,3 ^d	22,5 \pm 4,1 ^b	22,3 \pm 0,9 ^b	32,7 \pm 1,0 ^a	16,3 \pm 4,35 ^c	22,4 \pm 0,8 ^b
NDF	39,3 \pm 1,7 ^d	36,7 \pm 3,8 ^e	48,3 \pm 0,8 ^b	37,7 \pm 1,4 ^{d/e}	45,3 \pm 3,1 ^c	55,7 \pm 1,5 ^a
FB	26,5 \pm 1,2 ^d	21,3 \pm 3,2 ^e	31,5 \pm 0,9 ^b	19,1 \pm 0,93 ^f	29,8 \pm 2,15 ^c	33,6 \pm 1,8 ^a
GB	2,6 \pm 0,1 ^c	3,5 \pm 0,3 ^a	2,9 \pm 0,1 ^b	2,6 \pm 0,2 ^{c/d}	3,0 \pm 0,2 ^b	2,4 \pm 0,2 ^d
ADF	29,9 \pm 1,3 ^c	26,1 \pm 4,0 ^c	36,6 \pm 1,1 ^b	25,4 \pm 1,4 ^c	35,1 \pm 2,1 ^b	43,2 \pm 2,1 ^a
ADL	7,0 \pm 1,3 ^c	6,4 \pm 0,7 ^c	9,2 \pm 0,4 ^b	8,5 \pm 2,0 ^b	8,7 \pm 0,8 ^b	12,7 \pm 0,7 ^a
Cinza insolúvel	0,12 \pm 0,1 ^c	0,12 \pm 0,1 ^c	0,18 \pm 0,2 ^c	0,85 \pm 0,7 ^b	0,26 \pm 0,2 ^{b/c}	2,5 \pm 1,4 ^a

4.3- Análise Química do Solo

Dos resultados da análise química do solo verifica-se que a aplicação de óxido de cálcio teve influência na disponibilidade dos macro e micronutrientes e também no pH do solo (Fig. 25). Realizaram-se 3 análises de solo: antes da calagem (SC0), no dia da sementeira (44 dias depois da calagem) e no dia do último corte (221 dias depois da calagem). O pH inicial do solo do ensaio (SC0) era de 4,9. Nas parcelas onde não se efetuou a calagem, o pH manteve-se entre 4,6 e 5: SC0=4,9 SC44=4,6 e SC221=5. Em relação ao solo com calagem verificou-se um aumento do pH de 4,9 a 6,25: SC0=4,9 CC44=5,9 e CC221=6,25, dentro da zona ótima de pH para a produção de luzerna.

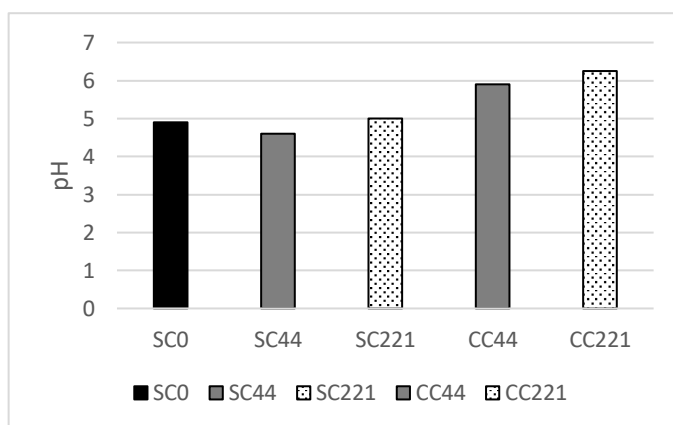


Figura 21- Evolução do pH do solo sem calagem e com calagem, ao longo de 221 dias.

Quanto à disponibilidade dos nutrientes, verifica-se que a disponibilidade do magnésio, do cálcio e do potássio na parcela com tratamento de óxido de cálcio foi aumentando ao longo do ciclo da luzerna (Fig.26). Nas parcelas sem calagem, observou-se um ligeiro aumento do magnésio, uma diminuição do cálcio e do potássio aos 221 dias.

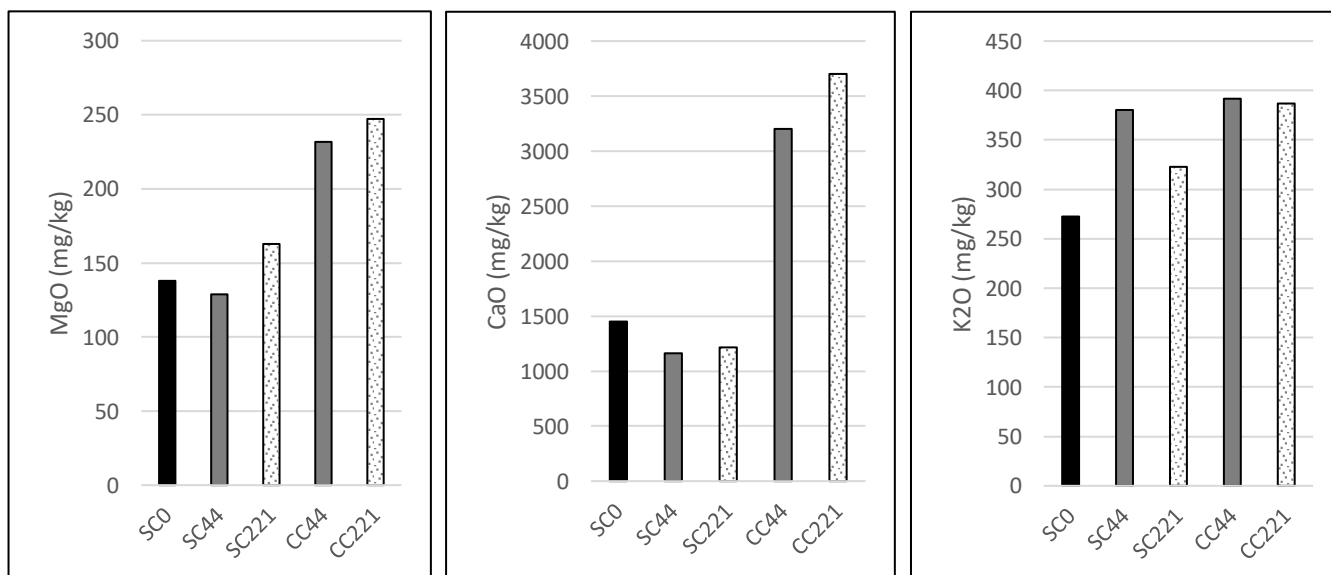


Figura 22- Disponibilidade de magnésio (MgO), cálcio (CaO) e potássio (K₂O) no solo sem calagem e com calagem, ao longo de 221 dias.

Em relação ao alumínio e ao manganês (Fig. 27), verifica-se também que, a aplicação de óxido de cálcio no solo, diminuiu a concentração de alumínio de 1,2 (SC0) para 0,8 (SC221) e o índice de atividade de manganês de 51,7 (SC0) para 34,6 (SC221).

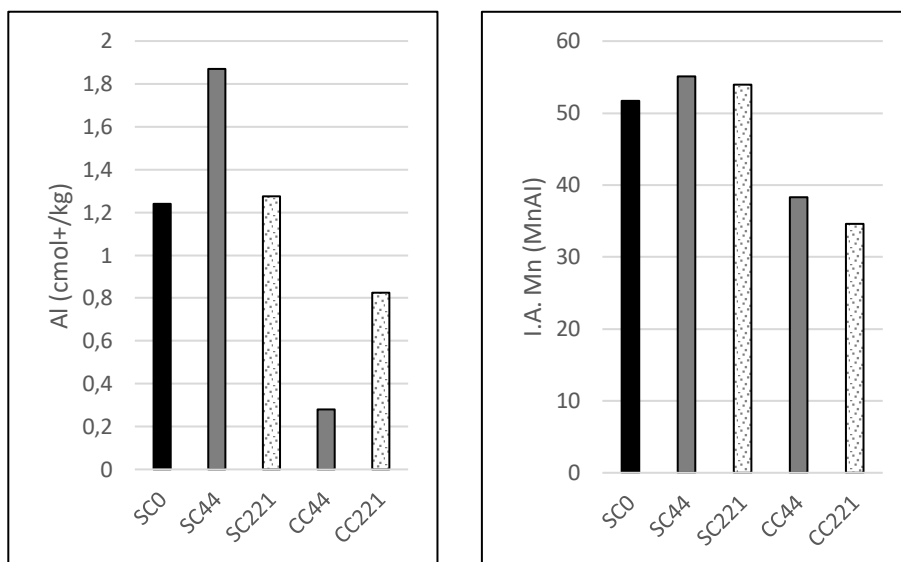


Figura 23- Disponibilidade de alumínio (Al) e índice de atividade de manganês (índice de atividade de manganês) no solo sem calagem e com calagem, ao longo de 221 dias.

No que diz respeito ao azoto total (Fig. 28), houve um aumento nas áreas não tratadas com calagem e as áreas tratadas com calagem não apresentaram diferenças. Em ambas as situações verificou-se um aumento no teor de matéria orgânica. A relação carbono/azoto não sofreu grandes alterações, contudo verifica-se uma diminuição ao longo do tempo, tanto em relação ao solo com calagem como o solo sem calagem.

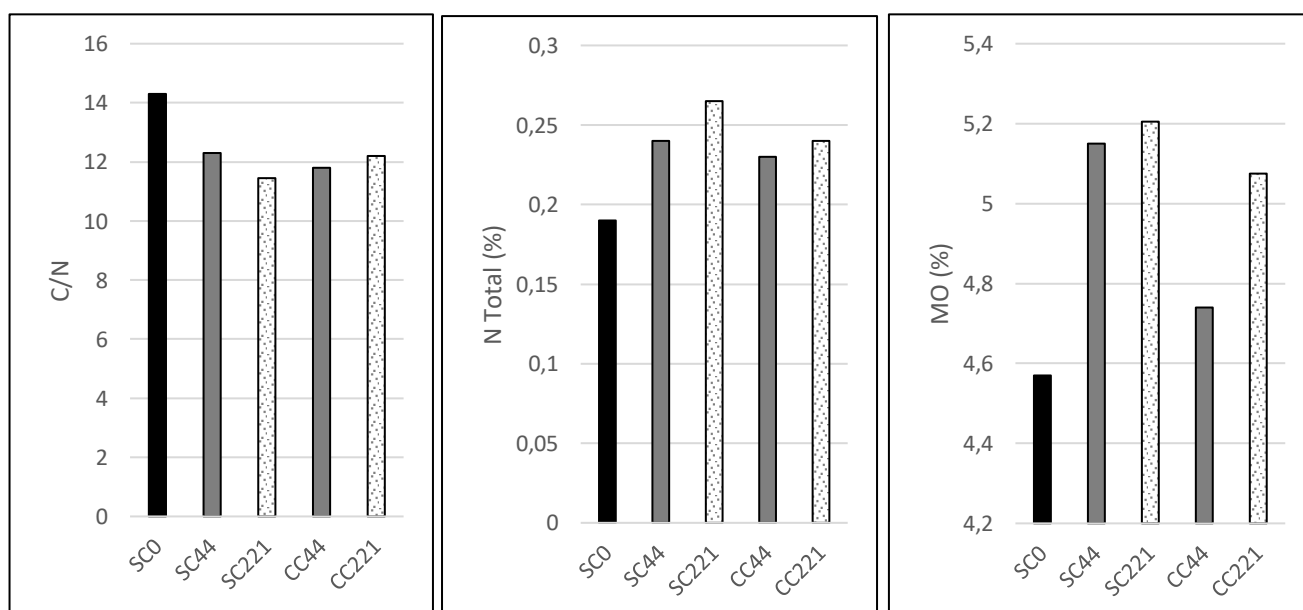


Figura 24- Razão carbono:azoto, disponibilidade de azoto total (N) e percentagem de matéria orgânica no solo sem calagem e com calagem, ao longo de 221 dias.

5- Discussão

Neste ensaio, realizado no Campos de Vairão, foi estudado o efeito da calagem na produção e qualidade de forragens de duas variedades de luzerna, submetidas a diferentes frequências e número de cortes.

A calagem foi benéfica na produção e na qualidade das variedades avaliadas. Nos talhões com calagem, o rendimento em peso fresco da luzerna foi de 1,53 Kg/m², com uma percentagem de matéria seca de 21,15%, correspondente a um rendimento de 3,24 ton/ha. O rendimento de peso fresco da luzerna proveniente das parcelas onde não houve a incorporação de óxido de cálcio foi de 0,46 Kg/m², com cerca de 22,82% de matéria seca, dando um rendimento de 1,05 ton/ha. Portanto, o rendimento da forragem das parcelas com cal, foi cerca de quatro vezes superior ao rendimento da forragem de luzerna originária das parcelas sem calagem.

Estes resultados estão de acordo com estudos realizados por Grewal et. al. (2003), onde foi estudado o efeito da calagem no rendimento de duas variedades, Aurora e Y8804. A produção total de forragem da Variedade Aurora aumentou de 5,45 t/há sem aplicação de cal para 7,92 t/ha no solo com tratamento com cal e a produção da Variedade Y8804 aumentou de 6,78 t/há sem aplicação de calcário para 9,94 t/ha com tratamento com calcário. Assim houve um aumento de 32% e 31%, em relação ao solo sem tratamento com cal.

Não se encontraram diferenças significativas no rendimento ($p > 0,05$) entre a variedade 1 (1,04 Kg/m²) e a variedade 2 (0,96 Kg/m²). Também na percentagem de matéria seca não se verificaram diferenças significativas ($p < 0,05$). O peso fresco total da Variedade 1 (63,267 Kg) foi 6 quilogramas superior ao da Variedade 2 (56,459 Kg).

Em geral a Variedade 2 competiu melhor ($p < 0,05$) com as infestantes do que a Variedade 1. A percentagem de infestantes foi 38% na variedade 2 e 43% na Variedade 1.

O aumento da produção de luzerna também pode ser atribuído ao aumento da absorção de cálcio, fósforo e potássio, que têm maior disponibilidade num pH neutro a francamente alcalino (Dugalić, 2012).

A correção do pH do solo, através da incorporação de óxido de cálcio, leva a que haja maior percentagem de proteína bruta na luzerna, quando comparada a luzerna proveniente de solos com um pH mais ácido (Dugalić, 2012). Também na Croácia, verificou-se que a calagem melhorou significativamente a matéria seca da luzerna e o rendimento de proteína bruta em comparação com as parcelas de controlo sem calagem. Assim, vai ao encontro dos resultados obtidos neste estudo, onde também a incorporação de óxido de cálcio levou a um aumento de produção.

Grande parte dos solos do Norte, são ácidos ou ligeiramente ácidos. São vários os fatores que podem ter contribuído para a acidez dos solos, nomeadamente o material de origem, a precipitação, a decomposição da matéria orgânica, a vegetação nativa, o tipo de cultura, a profundidade do solo, a adubação azotada e a inundação (Equipa Técnica Ucanorte XXI, 2020).

A calagem teve uma grande influencia no solo, levando ao aumento do pH, à diminuição do alumínio e do manganês, altamente tóxicos para a luzerna e uma maior disponibilidade de cálcio, potássio e magnésio.

Estes resultados vão de acordo com o estudo feito por Mandira Barman e seus colegas (2014) onde a aplicação de calcário aumentou o teor de cálcio (Ca) e magnésio (Mg), disponíveis nos solos, o que se refletiu em sua absorção pelo girassol (*Helianthus annuus*). Ao contrário, a disponibilidade de alumínio (Al) manganês (Mn) no solo foi reduzida devido à calagem. Também Sara Pabian e seus colaboradores (2012) observaram efeitos positivos da calagem no conteúdo e disponibilidade de cálcio e magnésio no solo e efeitos negativos no conteúdo de alumínio e manganês de vários grupos de plantas num solo com tratamento de calagem.

Também no Parque Natural Gorbeia, norte de Espanha, fez-se um ensaio com aplicação de cal, no sentido de mitigar a acidez do solo para que se obtivesse um aumento da produtividade e do valor nutritivo de uma forragem. Conclui-se que a calagem aumentou a qualidade do solo, aumentando a atividade microbiana do solo, e aumentaram significativamente no rendimento e valor nutritivo da forragem (Mijangos et al., 2010).

Um estudo realizado numa cultura de milho, em Cambridge, verificou-se que o aumento do pH do solo aumentou significativamente o controlo de infestantes em comparação com o solo sem adição de cal. As adições de cal em comparação com os tratamentos sem calagem resultaram em um aumento significativo no controlo de infestantes (83% vs. 63%), na produtividade (5.930 vs. 5.290 kg / ha) e no pH do solo (5,91 vs. 5,22) (Kells et al., 2017).

Também Regina Skuodienè (2020) e os seus colegas, observaram que no solo tratado com calcário (pH 6,4-6,8), o número total de infestantes foi 4,1 vezes menor em comparação com o de um solo naturalmente ácido (pH 4,0-4,1). A contaminação com sementes de infestantes foi 14,2 vezes maior no solo naturalmente ácido.

Por isso, também neste estudo obteve-se uma menor percentagem de infestantes nos solos onde houve a correção do pH do solo através da calagem.

À medida que a planta atinge a floração completa, o rendimento aumenta, mas a qualidade da forragem diminui. A informação disponível sobre o início do primeiro corte e a frequência

dos cortes na luzerna varia, dependendo das condições em que se realizaram os estudos. Um estudo (M. Hall, 1996) refere que o momento ideal de corte para maximizar o rendimento e a qualidade é cerca de 60 dias após a emergência, quando a planta da luzerna atinge 10% da floração, dependendo das condições de cultivo e da exigência de produção pecuária. Passados os 60 dias, a qualidade da forragem de luzerna pode reduzir drasticamente. Sabe-se que entre cada corte, a planta da luzerna necessita de um número mínimo de 28 dias para a emergência de um novo crescimento dos gomos da coroa e dos gomos axilares. Portanto não se recomendam intervalos de corte inferiores a 28 dias, (Teuber et al., 2017) ou a 35 dias (Sulc, 2017) porque podem conduzir a redução do rendimento no próximo corte. Para além do número mínimo de dias entre cortes, também se deve ter em consideração o número máximo de dias entre cortes. Atendendo que a seguir a cada corte, se inicia o recrescimento da luzerna ao mesmo tempo que o crescimento do ciclo anterior entra em floração, se se proceder a remoção dos botões florais quando o corte é feito num estágio avançado de maturação da luzerna, o crescimento futuro das plantas pode ser comprometido. Contudo, os cortes realizados após a floração, quando a planta possui caules mais pesados, podem conduzir a rendimentos mais elevados, mas de baixa qualidade (Dan; Undersander et al., 2004). Segundo a literatura, o rendimento máximo de matéria seca da luzerna é frequentemente obtido realizando o primeiro corte quase em plena floração e realizando cortes subsequentes em intervalos de 40 a 45 dias (Barnhart, 2010).

Neste estudo, independentemente da calagem, as plantas de luzerna onde se fizeram quatro cortes mensais atingiram uma altura total de 118 cm e as que foram submetidas a dois cortes bimensais atingiram uma altura total de 70 cm. Consequentemente, o peso fresco total dos quatro cortes foi superior (6,2 Kg no total dos quatro cortes) o dos dois cortes bimensais (3,9 Kg no total dos dois cortes). Em geral, o peso fresco das plantas de luzerna foi superior nas parcelas tratadas com calagem.

Em relação à qualidade da forragem, a Variedade 1 foi a que se verificou uma maior qualidade nutritiva, tendo um teor superior ($p < 0,05$) de proteína bruta e gordura bruta em relação à Variedade 2. A Variedade 2, obteve valores superiores ($p < 0,05$) de fibra bruta e em fibra em detergente ácido. Tendo em conta que a fibra em detergente ácido é a percentagem de material altamente indigestível e de digestão lenta de uma forragem, onde estão inclusas a celulose, lenhina, pectina e cinzas, leva a que, quanto maior for o seu teor, menor qualidade a forragem tem. Assim, e de acordo com Cacan net. al (2018), a proteína bruta da Variedade 1 (20,84 %) é uma forragem de boa qualidade e a da Variedade 2 (19,46%) é de uma forragem de qualidade aceitável. Em relação à fibra em

detergente ácido, a variedade 1 apresenta uma percentagem de 31,4 %, que corresponde a uma forragem de alta qualidade, enquanto que, a Variedade 2 apresentou um valor de ADF de 32,42 %, que coincide com uma forragem de boa qualidade (BLAŽINKOV et al., 2008)

A percentagem de Matéria Seca foi superior ($p < 0,05$) nos cortes mensais (80%) em relação aos cortes bimensais (75%), tendo-se obtido um rendimento médio por hectare de 12 toneladas nos cortes mensais e 10,6 toneladas nos cortes bimensais.

Também no Instituto Politécnico Nacional, CIBA Tlaxcala (Valencia, J. et al, 2019), fizeram um estudo com o objetivo de identificar o efeito de três frequências de corte (três, quatro e cinco semanas) na produção de matéria seca. Concluíram que o rendimento médio de matéria seca foi maior na frequência de corte de quatro semanas (6,844 ton MS/ha), que foi de 29% superior a três semanas e 16% superior a cinco semanas.

Neste estudo, os cortes mensais tiveram, em geral, maiores percentagens de proteína bruta e gordura bruta do que os cortes efetuados a cada dois meses. Contrariamente, os cortes bimensais, no geral, tiveram maiores percentagens de cinza, fibra bruta (FB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lenhina em detergente ácido (LDA) e cinza insolúvel, quando comparados aos valores dos cortes mensais.

Estes resultados podem ser interpretados porque as plantas nos cortes mensais se encontravam num estágio de desenvolvimento mais precoce (com maior proporção de folhas em relação ao caule), relativamente aos cortes bimensais. A maior parte da proteína da luzerna está nas folhas, que geralmente contêm cerca de 25% a 30% de proteína bruta (PB), enquanto o caule contém cerca de 6% a 10% de PB (Dan Undersander, 2021). Nos estágios vegetativos iniciais, o peso da folha é maior do que o do caule. No entanto, na primeira flor, e às vezes antes, a proporção do caule excede a das folhas (Dan; Undersander et al., 2004).

Outros estudos também indicam que nos cortes precoces da luzerna, quando a relação folha-caule é maior, se obtém uma maior percentagem de proteína bruta nas folhas, (Undersander, 2021; Glashaw, 2015). Para além disso, as folhas têm um teor de proteína maior do que o teor de proteína dos caules (Veronesi et al., 2010).

Inversamente ao teor de proteína bruta, o teor de fibra e lenhina aumenta com a maturação da luzerna. Jordan Markovic e seus companheiros comprovaram (2010), que durante o crescimento e desenvolvimento, o conteúdo de proteína bruta diminuiu e os constituintes da parede celular (FDN- Fibra em Detergente Neutro, FDA- Fibra em Detergente Ácido e LDA- Lenhina em Detergente Ácido) aumentaram em ambos os órgãos analisados (folhas e caules) da luzerna.

O mesmo aconteceu neste ensaio, em que os teores de FDN (bimensal= 48,78; mensal= 39,68), FDA (bimensal= 37,78; mensal= 28,98) e LDA (bimensal=10,03; mensal= 7,42), foram superiores nos cortes feitos a cada 60 dias, quando comparados aos cortes mensais, onde o estado de maturação da luzerna era menor. Contrariamente, o teor de proteína foi superior nos cortes mensais, estado mais imaturo da luzerna, do que nos cortes bimensais (bimensal= 18,35; mensal= 21,05).

A diferença na qualidade pode ser justificada através do estado de maturação da luzerna que influencia tanto a digestibilidade da fibra como as frações proteicas, aumentando a relação caule:folha e aumentando a lenhificação dos caules, o que, por sua vez, altera a digestibilidade da fibra (P. Yu et al., 2003). A lenhina afeta negativamente o grau e a taxa de digestão da fibra da forragem (Sewalt et al., 1997).

Também Alberto Plamonari (2014) verificou que, num estudo com vários intervalos de corte diferentes de luzerna, a lenhina em detergente ácido foi menor para o intervalo de colheita de 21 dias em comparação com os intervalos de 28 e 35 dias. A proteína bruta também foi diferente entre os intervalos de colheita de 21 e 28 ou 35 dias. Esses resultados indicam que a maturação influenciou tanto a concentração como a solubilidade da proteína da luzerna.

Uma forragem de luzerna ideal deveria conter um melhor equilíbrio de proteínas e hidratos de carbono que sejam rapidamente fermentáveis. Deverá ter uma concentração ótima de FDN de cerca de 40%, e cerca de 18% de proteína bruta e menos cinzas (M. B. Hall, 2003) e cerca de 4% de gordura bruta, por ser energeticamente vantajosa para a produção de vacas para leite. (Martin, 2007).

As proporções de fibra e lenhina aumentam com a maturação da luzerna. A fibra da luzerna contém uma alta proporção de lenhina em relação às gramíneas. No entanto, a luzerna tem uma grande vantagem em relação às gramíneas, uma vez que a taxa de digestibilidade da sua fibra é 2 a 3 vezes maior que a das gramíneas (Mertens, 2002).

A cinza é o conteúdo mineral total de uma forragem ou dieta. As cinzas normalmente vêm de duas fontes: cinzas internas da planta, que fornecem minerais como magnésio, cálcio e potássio, ou por contaminação do solo, que é caracterizada por altas concentrações de ferro, alumínio e sílica. As contribuições minerais das cinzas podem ser importantes para a saúde e o desempenho animal. No entanto, as cinzas não minerais podem abrigar fungos e bactérias (Lallemand Forward, 2021). O conteúdo médio de cinzas em forragens de leguminosas é de 8 a 10% (Lallemand Forward, 2021). É do conhecimento geral que as infestantes competem pelos mesmos recursos necessários ao crescimento e desenvolvimento das plantas: água, nutrientes, luz e

espaço. Uma pequena mudança no pH do solo pode ter um grande impacto na disponibilidade de alumínio no solo que pode restringir o crescimento das raízes das plantas, limitando a sua capacidade da planta de absorver água e nutrientes, resultando num menor rendimento da cultura. As infestantes geralmente não preferem solos ácidos, apenas conseguem tirar vantagem da competição reduzida da cultura instalada. Estudos realizados afirmam que a calagem permite uma melhor competição com as infestantes (Hashem, 2017). Assim o aumento da competitividade da cultura em solos com pH ótimo, leva ao combate de infestantes e à redução do banco de sementes destas ao longo do tempo.

Neste estudo, verificou-se uma notória diferença na percentagem de infestantes presentes entre as parcelas. No solo sem aplicação de óxido de cálcio (66,3%), a presença de infestantes foi cerca de quatro vezes superior ao solo com óxido de cálcio (15,1%), tendo contribuído para redução da produção de luzerna.

Têm sido realizados vários estudos no sentido de entender o efeito das infestantes na produção de luzerna. Ghosheh (2005) verificou que a luzerna cortada em parcelas onde não houve o controlo das infestantes, foi cerca de 48 a 57% das quantidades colhidas em parcelas de luzerna livre de infestantes. Um estudo realizado no Kentucky (USA) revela que para além de perdas no rendimento, as infestantes também diminuíram a qualidade da forragem, aumentando a incidência de doenças e problemas com insetos (Green & Legleiter, 2018).

Também a presença de infestantes pode levar à redução do valor nutritivo da luzerna, como demonstra um estudo realizado na Califórnia, onde o controlo de infestantes aumentou 11% o conteúdo de proteína numa forragem (Yenish et al., 2009). O mesmo se verificou no presente estudo, onde as parcelas que não tiveram correção do pH solo, foi onde houve uma maior percentagem de infestantes que por sua vez também se obteve menor qualidade.

6- Considerações Finais e Perspetivas Futuras

Tendo em conta que o pH ótimo de produção da luzerna é de 6,6 a 7,5 e que os solos no Entre Douro e Minho são da ordem 4,6 a 5,5 este estudo permitiu concluir que, a calagem é essencial para obter um rendimento e qualidade de forragem de luzerna. O rendimento da luzerna proveniente do solo com incorporação de óxido de cálcio foi superior ao rendimento da luzerna sem tratamento de cal. Também a percentagem de infestantes foi muito inferior nos talhões com calagem do que os sem calagem. Com uma menor percentagem de infestantes, obteve-se uma maior produção, uma vez que as infestantes competem pelos mesmos recursos que a luzerna. Também a qualidade foi superior na luzerna com tratamento de cal.

Em relação ao número e frequência de cortes, obteve-se uma maior qualidade e maior rendimento nos cortes mensais quando comparado aos cortes bimensais. O peso cumulativo e altura da luzerna foi superior nos cortes de 30 em 30 dias. A qualidade também foi superior, obtendo-se valores superiores de proteína bruta e gordura bruta e

valores inferiores de fibra em detergente ácido e neutro e de lenhina em detergente ácido. Parâmetros que qualificam as forragens.

Como perspectivas futuras, seria importante testar:

1. Diferentes intervalos de corte de 30 a 45 dias.
2. Aplicação de diferentes fontes de calcário e dosagens
3. Tempo entre a aplicação de cal e a instalação da luzerna, tendo em conta que 44 dias depois da aplicação de (2 t/ha de óxido de cálcio) 43 Kg cal por 208 m², o pH do solo ainda não estava dentro do intervalo ótimo de produção da luzerna (aumentou de xxxx para 6,25).

7- Referências Bibliográficas

- Abreu, J. M. ., Bruno-Soares, A. M. ., & Calouro, F. (2000). *Intake and nutritive value of mediterranean forages & diets*. (ISA/UTL).
- Atis, I., Celiktas, N., Can, E., & Yilmaz, S. (2019). The effects of cutting intervals and seeding rates on forage yield and quality of alfalfa. *Turkish Journal of Field Crops*, 24(1), 12–20. <https://doi.org/10.17557/tjfc.562632>
- Barman, M., Datta, S., Shukla, L. M., & Rattan, R. K. (2014). EFFECT OF APPLIED LIME AND BORON ON THE AVAILABILITY OF NUTRIENTS IN AN ACID SOIL. *Journal of Plant Nutrition*, 3. <https://doi.org/10.1080/01904167.2013.859698>
- Barnes, D. ., & Sheaffer, C. (1995). Alfalfa. In Forages. An introduction to grassland agriculture. In J. Barnes, Robert ; Miller, Darrel ; Nelson (Ed.), *Forages. An introduction to grassland agriculture* (pp. 205–216).
- Barnes, R. F. ., & Baylor, J. E. (1995). Forages in a changing world. In Forages. An

- Introduction to Grassland Agriculture,. In J. Barnes, Robert; Miller, Darrel; Nelson (Ed.), *Forages. An Introduction to Grassland Agriculture* (5th ed., pp. 3–13).
- Barnhart, S. K. (2010). *When to Make First Spring Cut of Alfalfa and Mixed Alfalfa/Grass*. Integrated Crop Management. <https://crops.extension.iastate.edu/>
- Berenji, S. ., Moot, D. J., Moir, J. L. ., Ridgway, H. ., & Rafat, A. (2016). Dry matter yield, root traits, and nodule occupancy of lucerne and Caucasian clover when grown in acidic soil with high aluminium concentrations. *Plant Soil*.
<https://doi.org/10.1007/s11104-017-3203-3>
- BLAŽINKOV, M., SIKORA, S., MAČEŠIĆ, D., UHER, D., & DURAKOVIĆ, L. (2008). THE EFFECT OF RHIZOBIAL INOCULATION AND LIMING ON ALFALFA PRODUCTION IN CROATIA. *JSTOR*, 36, 343–346.
<https://www.jstor.org/stable/90002711>
- Brauer, D. ., Ritchey, D. ., & Belesky, D. (2002). Effect of lime and calcium on root development and nodulation of clovers. *Crop Sci*, 42: 1640–1646.
- C, M., Vasile, V., Costel, T. ., Iulian, M., Aida, A., Doina, T., Constantin, I., & Ciprian, C. (2012). Quality of alfalfa (*Medicago Sativa L.*), in the first year of vegetation. *Lucrări Stiințifice*, 55.
- CACAN, E. ., KOKTEN, K. ., & KAPLAN, M. (2018). *DETERMINATION OF YIELD AND QUALITY CHARACTERISTICS OF SOME ALFALFA (Medicago sativa L.) CULTIVARS IN THE EAST ANATOLIA REGION OF TURKEY AND CORRELATION ANALYSIS BETWEEN THESE PROPERTIES*. 15.
- Carita, T. (2019). O setor Pratense e Forrageiro em Análise. *Agrotec*, 32, 3.
- Carneiro, E. C. (1995). *A agricultura açoriana - passado, presente e futuro* (Boletim da SPPF (ed.)).
- Carvalho, M. (2019). *Melhoria da produção de pastagens em solos ácidos no Montado: abordagem química e biológica*.
- Cavaco, M., & Calouro, F. (2006). Pastagens e Forragens. *Produção Integrada Das Culturas*, 52.
- CE. (2020). Estratégia do Prado ao Prato para um sistema alimentar justo, saudável e respeitador do ambiente - Comunicação da Comissão ao Parlamento Europeu, ao

conselho, ao Comité Económico e Social Europeu e ao Comité das Regiões.
Comissão Europeia.

Charman, N., Ballard, R., A., H., & Auricht, G. (2008). Improving lucerne nodulation at low pH: contribution of rhizobial and plant genotype to the nodulation of lucerne seedlings growing in solution culture at pH 5. *Aust J Exp Agric*, 48:512–517.

CONFAGRI. (2019). *Leguminosas-grão: Considerações gerais*.
<https://www.confagri.pt/leguminosas-grao-consideracoes-gerais/>

Crespo, D. G. (1975). Prados Temporários e Permanentes. In MAP/INIA (Ed.), *Colecção Factores Elementares do Sequeiro do Sul, Curso de Reciclagem - Sequeiro* (7th ed., p. 99).

Dealker, R., & Kennedy, I. (2004). Legume seed inoculation technology—a review. *Soil Biology and Biochemistry*, 36(8), 1275–1288.

Doohong, M. (2016). Effects of Cutting Interval between Harvests on Dry Matter Yield and Nutritive Value in Alfalfa. *American Journal of Plant Sciences*, 6.
<https://doi.org/10.4236/ajps.2016.78118>

Dragan, M. ., Snežana, K. ., Branko, M. ., & Živanov, D. (2019). Variety selection in intensive alfalfa cutting management. *Ratarstvo i Povrtarstvo*, 56(1), 20–25.
<https://doi.org/10.5937/ratpov56-20528>

Drew, E., Herridge, D., Ballard, R., Hara, G. O., Deaker, R., Denton, M., Yates, R., Gemell, G., Hartley, E., Phillips, L., Seymour, N., Howieson, J., & Ballard, N. (2012). *Inoculating Legumes: A practical guide* (Vol. 3).

Dugalić, G. (2012). Liming increases alfalfa yield and crude protein content in an acidic silty loam soil. *African Journal of Biotechnology*, 11(53), 11552–11558.
<https://doi.org/10.5897/ajb12.811>

El-Nasharty, A. B. ., Nofal, O. A. ., & Rezk, A. I. (2015). Yield and nutrient efficiency of five alfalfa (*Medicago sativa* L.) cultivars under sandy soil conditions. *International Journal of ChemTech Research*, 8(12), 13–19.

Equipa Técnica Ucanorte XXI. (2020). *A importância de corrigir o pH do solo*. UCANORTE. <https://www.ucanorte.pt/destaques/artigos-tecnicos/a-importancia-de-corriger-o-ph-do-solo/>

- FAO. (2019). *No Title*. GP- Grasslands, Tangelands and Forage Crops.
<http://www.fao.org/agriculture/crops/thematic-sitemap/theme/spi/grassland-rangelands-and-forage-crops/en/>
- FAO. (2020). *Alfafa*. <http://www.fao.org/land-water/databases-and-software/crop-information/alfafa/en/>
- Frame, J. ., Charlton, J. F. L. ., & Laidlaw, A. S. (1998). *Temperate forage legumes* (C. International (ed.); p. 327).
- Gashaw, M. (2015). Review on Biomass Yield Dynamics and Nutritional Quality of Alfalfa (*Medicago Sativa*) Journal Of Harmonized Research (JOHR) Journal Of Harmonized Research in Applied Sciences. *Journal Of Harmonized Research (JOHR)*, 3, 4.
- Geren, H. ., Kir, B. ., Demiroglu, G. ., & Kavut, Y. T. (2009). Effects of different soil textures on the yield and chemical composition of alfalfa (*Medicago sativa* L.) cultivars under mediterranean climate conditions. *Asian Journal of Chemistry*, 5517–5522.
- Ghosheh, H. Z. ., Bsoul, E. Y. ., & Abdullah, A. Y. (2005). Utilization of alfalfa (*Medicago sativa* L.) as a smother crop in field corn (*Zea mays* L.). *Journal of Sustainable Agriculture*, 25(1), 5–17. https://doi.org/10.1300/J064v25n01_03
- Green, J. D. ., & Legleiter, T. (2018). Weed Control in Alfalfa and Other Forage Legume Crops. *University of Kentucky College of Agriculture, Food and Environment Cooperative Extension Service*, 12.
- Grewal, H. S., & Williams, R. (2003). Liming and cultivars affect root growth, nodulation, leaf to stem ratio, herbage yield, and elemental composition of alfalfa on an acid soil. *Journal of Plant Nutrition*, 26(8), 1683–1696. <https://doi.org/10.1081/PLN-120022381>
- Hall, M. (1996). How an alfalfa plant develops. In *PE-17347. Certified Alfalfa Seed Council. St. Paul, MN*.
- Hall, M. B. (2003). Nonfiber carbohydrates and fiber in dairy cattle rations. *American Association of Bovine Practitioners*, 9–13.
- Hall, M. H. ., Nelso, C. J. ., Coutts, J. H. ., & Stout, R. C. (2004). Effect of seeding rate on alfalfa stand longevity. . . *Agron. J.*, 96, 717–722.

- Hartley, E., Greg-Gemell, L., & Herridge, F. (2004). Lime pelleting inoculation serradella (*Ornithopus* spp.) increases nodulation and yield. *Soil Biol. Biochem*, 36: 289-1294.
- Hashem, A. (2017). Does soil pH affect weed management? *Weed Science Principal Research Officer*, 3.
- Holmes, W. (1989). *Grass. Its production and utilization* (Wiley-Blackwell (ed.); 2nd ed.).
- INE. (2014). *INE. Estatísticas Agrícolas 2014*.
https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_publicacoes&PUBLICACOESpub_boui=224773630&PUBLICACOESmodo=2
- INE. (2016). Inquérito à Estrutura das Explorações Agrícolas 2016. In *Instituto Nacional de Estatística* (p. 53).
- IPMA. (2020). *Classificação de Koppën*. <https://www.ipma.pt/>
- IPMA. (2021). *IPMA*. <https://www.ipma.pt/pt/educativa/tempo.clima/>
- IUSS. (2020). *International Union of Soil Sciences*. <https://www.iuss.org/>
- Kells, J. J., Blevins, R. J. ., Rieck, C. E. ., & Muir, W. M. . (2017). Effect of pH, Nitrogen, and Tillage on Weed Control and Corn (*Zea mays*) Yield. *Cambridge University Press*, 28(6), 5.
- Kesoju, S. (2018). Research update : Alfalfa cutting management on yield , quality. *Progressive Forage*, 1–5.
- Khan, M., Zaidi, A., & Musarrat, J. (2010). *Microbes for legume improvement*. Springer.
- Lallemand Forward. (2021). *QualitySilage*. Ash Contamination. <https://qualitysilage.com/>
- Lamb, J. F. S. ., Jung, H. J. G. ., Sheaffer, C. C. ., & Samac, D. A. (2007). Alfalfa leaf protein and stem cell wall polysaccharide yields under hay and biomass management systems. *Crop Science*, 47:1407—1415.
- Lloveras, J. ., Chocarro, C. ., Freixes, O. ., Arque, E. ., Moreno, A. ., & Santiveri, F. (2008). Yield, yield components, and forage nutritive value of alfalfa as affected by seeding rate under irrigated conditions. *Agron. J.*, 100, 191–197.
- Lloveras, J. ., Ferran, J. ., Alvarez, A. ., & Torres, L. (1988). Harvest management effects on alfalfa (*Medicago sativa* L.) production and quality in Mediterranean areas. *Grass and Forage Science*, 53: 88-92.

- Marković, J., Štrbanović, R. T. ., Terzić, D. V. ., Djokić, D. J. ., Simić, A. S. ., Vrvic, M. M. ., & Živković, S. P. (2010). Changes in lignin structure with maturation of alfalfa leaf and stem in relation to ruminants nutrition. *African Journal of Agricultural Research*, 257–264. <https://doi.org/10.5897/AJAR11.1485>
- Martin, N. P. (2007). *Alfalfa: Forage Crop of the Future*. 26.
- Mertens, D. R. (2002). Nutritional implications of fiber and carbohydrate characteristics of corn silage and alfalfa hay. *Clifornia Animal Nutrition Conf. Gresno*, 94–107.
- Mijangos, I., Albizu, I., Epelde, L., Amezaga, I., Mendarte, S., & Garbisu, C. (2010). Effects of liming on soil properties and plant performance of temperate mountainous grasslands. *National Library OF MEDICINE*. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2010.05.011>.
- Moreira, A., & Fageria, N. K. (2010). Liming influence on soil chemical properties, nutritional status and yield of alfalfa grown in acid soil. *Sociedade Brasileira de Ciência Do Solo*.
- Moreira, N. (2002). Luzerna. In *Agronomia das Pastagens e Forragens* (pp. 183: 89-92).
- Morel, A. A. ., Braña, V., & Castro-Sowinski, S. (2012). Legume Crops, Importance and Use of Bacterial Inoculation to Increase Production. In A. Goyal (Ed.), *Crop Plant* (pp. 217–240). InTech.
- Morocho, A. (2001). *Efficiency of the Inorganic Fertilization in the Cultivation of Alfalfa (Medicated Sativa L) and Whitewashing for the Correction of the pH of the Soil* (p. 127). BrighamYoung University.
- O`Callaghan, M. (2016). Microbial inoculation of seed for improved crop performance: issues and opportunities. *Appl Microbiol Biotechnol*, 100:5729–5746. <https://doi.org/10.1007/s00253-016-7590-9>
- Orloff, S. ., & Putnem, D. (2006). CUTTING SCHEDULE STRATEGIES TO MAXIMIZE RETURNS Steve Orloff and Dan Putnam 1. *Sciences-New York*, 17.
- P. Yu, D. A. ., Christensen, J. J. ., & McKinnon, J. D. M. (2003). Effect of variety and maturity stage on chemical composition, carbohydrate and protein subfractions, in vitro rumen degradability and energy values of timothy and alfalf. *Can. J. Anim. Sci.*, 279–290.

- Pabian, S., Ermer, N., Tzikowski, W., & Brittingham, M. (2012). Effects of Liming on Forage Availability and Nutrient Content in a Forest Impacted by Acid Rain. *PLoS ONE* 7, 7. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0039755>
- Peters, J. B. ., Kelling, K. A. ., Speth, P. E. ., & Offer, S. M. (2005). Alfalfa Yield and Nutrient Uptake as Affected by pH and Applied K. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.*, 36: 583-596.
- Plamonari, A. ., Fustini, M. ., Canestrari, G. ., Grilli, E. ., & Formigoni, A. (2014). Influence of maturity on alfalfa hay nutritional fractions and indigestible fiber content. *Departament Of Veterinary Medicine*, 6. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8123>
- Rasnake, M. (1993). *Soil and Fertility Considerations for Growing Alfalfa*. University of Kentucky.
- Rechel, E. A. ., Meek;, B. D. ., DeTar;, W. R. ., & Carter., L. M. (1991). Alfalfa yield as affected by harvest traffic and soil compaction in a sandy loam soil. *Journal of Production Agriculture*, 241-246.
- Santos, M., Castro, Y., Marques, R., Pereira, D., Godoy, M., & Reges, N. (2016). Importância da calagem, adubações tradicionais e alternativas na produção de plantas forrageiras: Revisão. *Pubvet*, 10(1), 1–12. <https://doi.org/10.22256/pubvet.v10n1.1-12>
- Sewalt, V. J. H. ., NI, W. ., Jung, H. G. ., & Dixon, R. A. (1997). Lignin impact on fiber degradation: Increased enzymatic digestibility of genetically engineered tobacco (*Nicotiana tabacum*) stems reduced in lignin conten. *J. Agric. Food Chem*, 1977–1983.
- Sheaffer, C., Martin, N., Lamb, J., Cuomo, G., Jewett, J., & Quering, S. (2000). Leaf and stem properties of alfalfa entries. *Agron. J*, 92, 733–739.
- Skuodienė, R., Karcauskiene, D., Feiza, V., & Feiziene, D. (2020). Changes in weed flora under the influence of long term application of liming and reduced soil tillage. *Zemdirbyste-Agriculture*, 107, 25–32. <https://doi.org/10.13080/z-a.2020.107.004>
- Smith, D., Peairs, F., Beck, G., & Brown, W. (1996). *Alfalfa: Production and Management* (Colorado State University (ed.); p. 5). www.colostate.edu/Depts/CoopExt
- Sofia, R. (2007). *Avaliação hidroquímica e da qualidade da Vasconcelos Ferreira água na bacia do rio Cértima (Portugal)*.

- Soto, M., Dillewijn, P., Martinez-Abarca, F., Jiménez-Zurdo, J., & Toro, N. (2004). Attachment to plant roots and nod gene expression are not affected by pH or calcium in the acid-tolerant alfalfa-nodulating bacterium *Rhizobium* sp. *FEMS Microbiol Ecol*, 48:71–77.
- Sulc, M. (2017). *How often should you cut alfalfa?* Farm and Dairy. <https://www.farmanddairy.com/>
- Taylor, E. ., Renner, K. ., & C. Sprague. (2008). Integrated Weed Management: Fine Tuning the System. *Michigan State University Extension*, 132.
- Temme, D. G. ., Harvey, R. G. ., Fawcett, R. S. ., & Young, A. W. F. (1979). Effects of Annual Weed Control on Alfalfa Forage Quality. *Agronomy Journal*, 71(1), 51–54.
- Teuber, L. R., Jernstedt, J. ., & Foord, K. (2017). *ALFALFA GROWTH AND DEVELOPMENT* Larry. June, 3348.
- Undersander, D., Cosgrove, D. ., Cullen, E. ., Grau, C. ., Rice, M. E. ., Renz, M. ., Sheaffer, C. ., Shewmaker, G. ., & Sulc, M. (2011). Alfalfa Management Guide. In *Alfalfa Management Guide* (Issue 10, p. 64).
- Undersander, Dan., Cosgrove, D., & Cullen, E. (2004). *Harvest management of alfalfa*. 16.
- Undersander, Dan. (2021). A bright future: Protein in alfalfa hay and haylage. *Progressive Forage*, 1–3.
- USDA. (1998). SOIL QUALITY- AGRONOMY TECHNICAL NOTE No. 6 Legumes and Soil Quality. *SOIL QUALITY- AGRONOMY TECHNICAL NOTE*, 6(6), 1–3. www.mes.umn.edu
- Van Soest, P. J. ., Robertson, J. B. ., & Lewis, B. A. (1991). Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition. *Journal of Dairy Science*, 16. [https://doi.org/https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)
- Veronesi, F., Brummer, E. C., & Huyghe, C. (2010). Fodder Crops and Amenity Grasses- Alfalfa. *Springer Science + Business Media*, 395–437. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0760-8_17
- WEAVER, J. E. (2000). ROOT HABITS OF ALFALFA. In *ROOT DEVELOPMENT OF*

FIELD CROPS- (p. 103).

Yenish, J. P. ., Brand, J., Pala, M., & Haddad, A. (2009). Weed management. *The Lentil: Botany, Production and Uses*, 326–342. <https://doi.org/10.1201/b21441-201>

Apêndices

Tabela 9- Operações culturais realizadas durante o ensaio e as respetivas datas.

Data	Operações Culturais	Informação
25/06/2020	1º Corte Mensal	Foi cortado 2 Kg de matéria fresca
26/06/2020	Adubação	No dia seguinte ao corte foi aplicado um adubo 10-10-10
07/08/2020	1º Corte Mensal- Medição 1	Medição das alturas das plantas após 14 dias do corte
22/07/2020	1º Corte Mensal- Medição 2	Medição das alturas das plantas após 28 dias do corte
22/07/2020	2º Corte Mensal	Foi cortado 2 Kg de matéria fresca
22/07/2020	1º Corte Bimensal	Foi cortado 2 Kg de matéria fresca
23/07/2020	Adubação	No dia seguinte ao corte foi aplicado um adubo 10-10-10
08/05/2020	2º Corte Mensal- Medição 1	
05/08/2020	1º Corte Bimensal- Medição 1	
18/08/2020	2º Corte Mensal-Medição 2	
18/08/2020	1º Corte Bimensal- Medição2	
09/09/2020	3º Corte Mensal	Foi cortado 2 Kg de matéria fresca

09/10/2020	Adubação	
23/09/2020	3º Corte Mensal- Medição 1	
24/09/2020	2º Corte Bimensal	Foi cortado 2 Kg de matéria fresca
06/10/2020	3º Corte Mensal- Medição 2	Medição das alturas das plantas após 28 dias do corte
06/10/2020	4º Corte Mensal	Foi cortado 2 Kg de matéria fresca
08/10/2020	2º Corte Bimensal- Medição 1	Medição das alturas das plantas após 14 dias do corte
20/10/2020	4º Corte Mensal- Medição 1	Medição das alturas das plantas após 14 dias do corte
22/10/2020	2º Corte Bimensal- Medição 2	Medição das alturas das plantas após 28 dias do corte
03/11/2020	4º Corte Mensal- Medição 2	Medição das alturas das plantas após 14 dias do corte