

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ENGENHARIA AMBIENTAL
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL**

WILLIAN RETKA

**EFEITO DA CULTURA DO NABO FORRAGEIRO NA
DESCOMPACTAÇÃO DO SOLO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

FRANCISCO BELTRÃO

2018

WILLIAN RETKA

**EFEITO DA CULTURA DO NABO FORRAGEIRO NA
DESCOMPACTAÇÃO DO SOLO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Francisco Beltrão, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Ambiental.

Orientador: Prof. Dr Wagner de Aguiar

FRANCISCO BELTRÃO

2018



TERMO DE APROVAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso – TCC2

Efeito da cultura do Nabo Forrageiro na descompactação no solo

por

Willian Retka

Trabalho de Conclusão de Curso 2 apresentado às 13 horas, do dia 29 de Novembro de 2018, como requisito para aprovação da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso 2, do Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Francisco Beltrão. O candidato foi arguido pela Banca Avaliadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Avaliadora considerou o trabalho aprovado.

Banca Avaliadora:

Wagner de Aguiar
(Presidente da Banca)

Julio Caetano Tomazoni
(Membro da Banca)

Michelle Milanez França
(Membro da Banca)

Denise Andréia Szymczak
(Professora responsável pelo TCC e Coordenadora do Curso de Engenharia Ambiental)

“O Termo de Aprovação encontra-se assinado na Coordenação do Curso de Engenharia Ambiental”

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus e minha família, especialmente minha irmã Edionéia Retka e minha prima Giovana Paula Betiatto Retka por todo apoio e ajuda.

Agradeço o Orientador Professor Dr. Wagner de Aguiar pela paciência, ter aceito, dedicado e auxiliado durante todo o processo da elaboração deste trabalho, ao Professor Dr. Hernan Vielmo, por me orientar na primeira etapa da realização deste trabalho. Da mesma forma à Professora Dra. Michelle Milanez França e o Professor Dr. Julio Caetano Tomazoni por ter aceitado participar da banca das duas etapas da defesa do trabalho.

Agradeço às Professoras Dra. Naimara Vieira Do Prado e Dra. Sheila Regina Oro pela ajuda e orientações nas análises estatísticas do experimento.

Agradeço os professores do curso de bacharelado em Engenharia Ambiental e aos demais servidores da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, por contribuírem para a minha formação acadêmica.

Agradeço a minha mulher Gabrielly Steinheusen por todo carinho, amor e especialmente paciência comigo e por estar ao meu lado durante estes últimos anos da graduação, tenho certeza que foi essencial para esta conquista.

Agradeço de modo geral a todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho, bem como na minha formação acadêmica, sejam professores, colegas, amigos, família.

RESUMO

RETKA, W. **Efeito da cultura do nabo forrageiro na descompactação do solo**. 52p. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior em Engenharia Ambiental) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2018.

A prática agrícola e o uso intensivo de maquinário pesado, ocasionam alterações na estrutura física, e problemas relacionados a compactação do solo, devido a degradação da qualidade física, e efeitos negativos no desenvolvimento das culturas. A camada compactada prejudica o enraizamento e a penetração de água no solo. O uso de espécies forrageiras e leguminosas ultrapassam as camadas compactadas, e descompactam de maneira biológica causando menor degradação. Este trabalho teve como objetivo analisar a capacidade do nabo forrageiro (*Raphanus sativus L.*) em promover a descompactação do solo. O experimento foi realizado sob abrigo do sol, no município de Francisco Beltrão – Paraná. O solo, caracterizado como Nitossolo Vermelho Distroférico, foi coletado na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, sendo retirado na profundidade de 0 a 20cm. Os tratamentos foram realizados com 4 distribuições de adubação: T1) Anel superior e anel inferior ambos sem adubação; T2) Anel inferior e anel superior ambos com adubação; T3) Anel superior com adubação e anel inferior sem adubação; T4) Anel superior sem adubação e anel inferior com adubação, com 4 repetições, totalizando 16 unidades experimentais. Os dados foram coletados ao final de 105 dias de experimento, sendo analisados os parâmetros vegetativos de produção de matéria verde e matéria seca, bem como, o parâmetro densidade do solo, verificando a ação descompactadora do Nabo Forrageiro. De acordo com as análises estatísticas, os valores de densidade e produção de massa verde aérea e radicular, foram estatisticamente diferentes para o tratamento 1, o que demonstra que a adubação do solo tem influência significativa na descompactação pela cultura de Nabo Forrageiro.

Palavras-chave: Nabo Forrageiro. Descompactação do solo. Degradação do solo.

ABSTRACT

RETKA, W. **Effect of forage turnip cultivation on soil decompression**. 52p. Course Completion Work (Superior Course in Environmental Engineering) - Federal Technological University of Paraná, 2018.

Agricultural practices and the intensive use of heavy machinery cause changes in the physical structure of the soil, and problems related to soil compaction, due to degradation of physical quality, and negative effects on crop development. The compacted layer impairs rooting and water penetration into the soil. The use of forage species and legumes exceed the compacted layers, and decompress biologically causing less degradation. The objective of this work was to analyze the capacity of the forage turnip (*Raphanus sativus L.*) to promote soil decompression. The experiment was carried out under the shelter of the sun, in the municipality of Francisco Beltrão - Paraná. The soil, characterized as Dystroferric Red Nitosol, was collected at the Federal Technological University of Paraná, being withdrawn at depth of 0 to 20cm. The treatments were performed with 4 fertilization distributions: T1) Upper ring and lower ring both without fertilization; T2) Lower ring and upper ring both with fertilization; T3) Top ring with fertilization and lower ring without fertilization; T4) Top ring without fertilization and lower ring with fertilization, with 4 replicates, totaling 16 experimental units. The data were analyzed at the end of 105 days of experiment, being analyzed the vegetative parameters of green matter and dry matter production, as well as the soil density parameter, verifying the decomposing action of Forage Turnip. According to the statistical analysis, the values of density and production of aerial and root green mass were statistically different for treatment 1, which shows that soil fertilization has a significant influence on the decomposition of the by the Forage Turnip.

Key words: Forage Turnip. Soil decomposition. Soil degradation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Mapa de localização.....	21
Figura 2 – Obtenção do anel intermediário, solo sendo prensado para obter o anel compactado.....	24
Figura 3 – Ilustração representativa da montagem dos anéis.....	25
Figura 4 – Vasos montados.....	26
Figura 5 – Experimento em andamento.....	26
Figura 6 – Final do Experimento.....	27
Figura 7 – Anel intermediário sendo pesado.....	28
Figura 8 – Gráficos de boxplot da massa verde e massa seca da parte aérea..	29
Figura 9 – Gráficos de boxplot da massa verde e massa seca da parte radicular	31
Figura 10 – Desenvolvimento radicular do nabo forrageiro.....	32
Figura 11 – Gráfico de boxplot da densidade do solo.....	34

LISTAS DE TABELAS

Tabela 1 - Ilustração do delineamento experimental; T (tratamento); R (repetição).....	23
Tabela 2 - Média e desvio padrão dos resultados obtidos com a parte verde aérea do cultivo do nabo forrageiro na região de Francisco Beltrão/PR, no ano de 2018.....	29
Tabela 3 - Média e desvio padrão dos resultados obtidos com a parte verde e seca radicular, do cultivo do nabo forrageiro na região de Francisco Beltrão/PR, no ano de 2018.....	31
Tabela 4 - Densidades de partículas do solo, inicial e final, do cultivo de nabo forrageiro, na região de Francisco Beltrão/PR, no ano de 2018.....	33

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
2. OBJETIVOS	11
2.1 Objetivo Geral.....	11
2.2 Objetivos Específicos.....	11
3. REVISÃO DE LITERATURA	12
3.1 Solo.....	12
3.2 Formação do Solo.....	12
3.3 Compactação do Solo.....	14
3.4 Efeito da Compactação do Solo.....	16
3.5 Descompactação do Solo.....	16
3.5.1 Descompactação Mecânica.....	17
3.5.2 Descompactação Biológica.....	18
3.5.2.1 Nabo Forrageiro.....	18
4. MATERIAIS E MÉTODOS	20
4.1 Área de estudo.....	20
4.2 Delineamento experimental.....	22
4.3 Tratamentos.....	22
4.4 Densidade do solo.....	23
4.5 Unidade experimental.....	24
4.6 Análise estatística.....	28
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
5.1 Massa verde aérea (MVA) e massa seca aérea (MSA).....	29
5.2 Massa verde radicular (MVR) e massa seca radicular (MSR).....	30
5.3 Densidade do anel intermediário.....	33
6. CONCLUSÃO	35
REFERÊNCIAS	36
ANEXOS	39
APÊNDICE	41

1. INTRODUÇÃO

No início da civilização humana os homens viam o solo somente como barro para confeccionar cerâmicas e pigmentos para suas pinturas e também para o crescimento de alimentos como vegetais e frutos (LEPSCH, 2010). Mas com o advento da agricultura, quando alguns povos começaram a produzir seus próprios mantimentos, abandonando a caça e coleta de alimentos, a evolução passou a se basear na dependência dos recursos naturais e progressos tecnológicos, que facilitam a elevação do nível de vida (BERTONI, NETO, 2012).

Devido ao aumento populacional a demanda por alimentos aumentou consideravelmente necessitando de modernização na agricultura para elevar a produtividade. Contudo esta necessidade teve efeitos negativos que podem inviabilizar o processo de produção em virtude da degradação dos solos agrícolas (LEPSCH, 2010).

A degradação da qualidade física do solo está associada a intensa atividade de cultivo e aumento de áreas agrícolas (RANGEL & SILVA, 2007; SALES et al, 2016). A pecuária e agricultura, quando executada sem o devido preparo e também com maquinário pesado, pode ocasionar problemas relacionados a compactação do solo, limitando a adsorção e absorção de nutrientes, infiltração e redistribuição de água e desenvolvimento do sistema radicular, causando um decréscimo na produção (RICHART et al, 2005).

A compactação do solo é um processo ocasionado por meio da redução da porosidade, devido ao rearranjo das partículas, resultando no aumento da densidade. Esta redução do volume altera uma série de fatores afetando o crescimento radicular, e aumentando resistência à penetração de raízes podendo intensificar o processo erosivo (ALVARENGA, 1996; EMBRAPA, 2006).

Equipamentos agrícolas são usados para promover a descompactação mecânica do solo, rompendo apenas as camadas superficiais, não descompactando o solo abaixo de sua linha de ação, promovendo soluções temporárias (PEDROTTI, NETO, 2008).

Algumas espécies de plantas que possuem raízes profundas, agressivas e ramificadas, tem a capacidade de obter nutrientes de camadas inferiores do solo, estas raízes, quando decompostas, formam bioporos, que são fundamentais para a disponibilidade hídrica e fluxo em massa de nutrientes,

melhorando as condições do solo (SANTOS et al, 2014).

Dessa forma se torna vantajoso o uso de algumas espécies de plantas que podem descompactar de maneira biológica o solo. As raízes penetram com melhor facilidade o solo compactado, além de ser um método natural, apresentando fixação de nutrientes e melhoram a estrutura do solo (GIACOMONI, 2003).

O nabo forrageiro, conhecido cientificamente por *Raphanus sativus L.*, é uma planta da família das Crucíferas. Bastante utilizada na adubação verde, devido suas raízes pivotantes que penetram o solo com maior facilidade, e caracterizado por ser uma planta recicladora e dispor nutrientes ao solo. É uma espécie com alta tolerância a geada e a seca, sendo cultivada principalmente no outono e no inverno. Por ser muito resistente a solos com problemas de acidez, consegue bom desenvolvimento em solos fracos, sendo resistente a doenças e pragas (BARROS, JARDINE, 2012).

Diante deste contexto, o referido trabalho teve como objetivo analisar a ação da cultura do nabo forrageiro em promover a descompactação do solo, e a influência do solo compactado no desenvolvimento dessa espécie, utilizando diferentes formas de distribuição de adubação em unidades experimentais.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Verificar a capacidade da cultura do nabo forrageiro na descompactação do solo, sob diferentes formas de distribuição da adubação.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar o desenvolvimento do nabo forrageiro por meio da produção de matéria verde e matéria seca da parte aérea e radicular;
- Avaliar o efeito descompactador das raízes do nabo forrageiro no solo.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 SOLO

De acordo com Embrapa (2006) o solo é classificado como coleção de corpos naturais, constituídos por partes sólidas, líquidas e gasosas, formado por materiais minerais e matéria orgânica em distintas fases da decomposição. É um material solto e macio que se encontra na camada superficial da crosta terrestre, em que se sustentam e se nutrem as plantas (COELHO, 2013; EMBRAPA, 2006).

A decomposição da matéria orgânica como galhos, folhas e também restos de animais, são fatores importantes na manutenção da fertilidade do solo. Diretamente responsável pela produção de grande parte dos alimentos consumidos pelo homem, o solo é considerado um dos mais importantes recursos naturais renováveis do planeta, um recurso básico que suporta toda a cobertura vegetal da terra. Quanto maior a variedade e qualidade do solo, que uma população possuir, maior a oportunidade de seu povo encontrar melhor padrão de vida (BERTONI, NETO, 2008).

O intemperismo atua sobre as rochas ocasionando a desintegração e decomposição deste material, processo que pode ser físico, químico e/ou biológico. Ocorre em rochas magmáticas, sedimentares ou metamórficas, as quais juntamente com outros minerais e compostos, como folhas, galhos, restos de animais, dentre outros formam o solo. Em razão disso, suas características e composições estão diretamente vinculadas às rochas que lhe deram origem, associadas também às heranças e marcas causadas pelo tempo (BERTONI, NETO, 2008).

3.2 FORMAÇÃO DO SOLO

O solo é a camada superficial da crosta terrestre composta basicamente de minerais provenientes da degradação das rochas e de material orgânico de origem vegetal e animal. Todo o processo de formação do solo é influenciado pela desagregação e decomposição das rochas, e os principais fatores responsáveis pela formação do solo, são: o material de origem, o clima, a

atividade biológica dos organismos vivos, a topografia e o tempo, ambos de extrema importância para definição do tipo de solo (LIMA, 2007; LEPSCH, 2010).

A ação dos diferentes processos físicos químicos e biológicos, dão origem a diferentes tipos de solo, com características e propriedades diferenciadas. Uma característica comum de todos os solos é o desenvolvimento em diferentes camadas denominadas horizontes (BERTONI, NETO, 2008). O perfil de solos completos e bem desenvolvidos pode possuir cinco tipos de horizontes, identificados pelas letras: O, A, E, B e C. Cada horizonte possui características distintas, com diferentes cores, textura, granulometria, quantidade de material orgânico e mineral, e porosidade (LEPSCH, 2010).

De acordo com Lepsch (2010), o conjunto de características morfológicas: cor, textura, estrutura, consistência, espessura e transição de horizontes, são base fundamental para identificar o solo. Os principais elementos do clima são temperatura e umidade, que regulam o tipo e a intensidade de intemperismo nas rochas, o crescimento dos organismos e os tipos de horizontes. Materiais diferentes podem formar solos similares quando expostos por um longo período ao mesmo ambiente climático.

O solo pode apresentar propriedades e características diferenciadas, o clima influencia consideravelmente em suas distinções. Solos formados sob clima tropical sofrem maior intemperismo que os formados sob clima temperado. Quanto mais quente e úmido o clima, maior será a percolação de minerais (ZIMBACK, 2003).

Os organismos vivos existentes no solo têm grande importância para a diferenciação dos perfis. Os microrganismos têm como função principal, iniciar a decomposição dos restos vegetais e animais, exercer a tarefa de formar o húmus (LEPSCH, 2010). Segundo Primavesi (2002), a maioria dos componentes da mesofauna e macrofauna melhoram a qualidade do solo, especialmente na movimentação de nutrientes através das enzimas, são seres que parecem não existirem a olho nu, como é o caso dos ácaros, mas que fazem um importante serviço ambiental e são pouco reconhecidos.

Como já citado anteriormente, o solo pode ser constituído a partir das rochas, sedimentos e material de decomposição. Em um estudo realizado por Zimback (2003), percebeu-se que o material de origem pode resultar em solos iguais ou diferentes, varia de acordo com outros fatores que influenciam na

formação, como o relevo e o clima. O material de origem pode condicionar um bom número de características do solo, principalmente os formados em climas secos (LEPSCH, 2010).

Conforme Zimback (2003), com a penetração de água o relevo sofre influência direta do solo, já que, interfere na intensidade de intemperismo. Em áreas planas, ocorre penetração de grande quantidade de água, ocasionando assim lixiviação intensa. Em áreas declivosas, a penetração de água é menor, ocasionando uma lixiviação menos intensa, formando solos rasos e menos intemperizados. Nas áreas de baixada, ocorre ganho de material, seja por meio de enxurradas ou devido ao escoamento decorrente do lençol freático, sem ocorrência de lixiviação, formando solos rasos e pouco intemperizados.

Para Lepsch (2010), o tempo é um formador de solo, resultado de reações químicas, bem como ação das forças físicas de atração de partículas, que demandam tempo para se manifestarem. Certas reações demoram mais que outras, fazendo com que alguns solos demandem mais tempo que outros para atingir seu ponto de equilíbrio.

3.3 COMPACTAÇÃO DO SOLO

Com a necessidade de produzir alimentos em grande escala, a sociedade moderna passou a utilizar maquinários cada vez mais pesados para produção agrícola. Este é um dos principais fatores que ocasiona problemas de compactação no solo, decorrentes desde o início da mecanização da agricultura, em virtude das modificações feitas nas propriedades físicas do solo (RICHART, et al. 2005).

Richart et al. (2005) salienta que, em solos compactados a planta tem menor desenvolvimento, devido ao impedimento mecânico, resultando em menor volume de solo explorado, menor absorção de água e nutrientes e menor produção de culturas.

Para Alvarenga et al. (2009), as plantas exploram o solo em busca de fatores de crescimento, dependendo fortemente da distribuição de raízes no perfil, que por sua vez, são condicionadas as condições físicas e químicas, as quais são passíveis de alterações em função do manejo aplicado.

Conforme aponta Filho et al. (2016), um aspecto importante para o manejo

dos solos compactados é ter conhecimento das proporções da área de campo que são afetadas pelas diferentes intensidades de compactação, ou seja, estudar o solo para assim definir qual a melhor forma de descompactação.

Em parâmetros físicos o processo de compactação é resultado da ação de forças mecânicas, oriundas do tráfego de máquinas ou pisoteio dos animais sobre o solo, e da ação das águas que percorrem no perfil do solo, transportando partículas. Com o uso excessivo de máquinas pesadas, com gradagens e arações superficiais, ocorre a quebra de agregados. (EMBRAPA, 2000). A manutenção do adequado estado de agregação do solo é condição essencial para garantir boa produtividade agrícola, para que a entrada de ar, água e nutrientes, sejam suficientes para o bom desenvolvimento.

De acordo com Alvarenga et al. (2009), a quebra dos agregados, ocasionará o aumento da densidade do solo, reduzindo a porosidade, especialmente poros grandes, sucedendo a diminuição de troca gasosa, limitando o movimento de nutrientes e diminuindo a taxa de infiltração no solo e a erosão.

Conforme Richart et al. (2005), ocorre também modificações físicas do solo aumentando a resistência do solo quanto a penetração das raízes, reduzindo a macroporosidade, ocasionando assim o acúmulo de água e comprometendo a infiltração de água e penetração das raízes no perfil do solo.

A matéria orgânica está relacionada com fatores que indicam a qualidade do solo, sendo determinante para a produtividade mais elevada, sustentável e a base da conservação da capacidade de troca do solo. Biologicamente, o condicionamento do mesmo para o processo de compactação ocorre através da decomposição da matéria orgânica que atua na estabilização dos agregados. As operações de preparo incorporam a camada arável, oxigenam o solo, acelerando a atividade biológica que passa a decompor ou mineralizar o material orgânico incorporado no solo. Quimicamente, o condicionamento do solo origina-se da compactação do solo que promove a substituição do elemento Al + H que tem ação de acidez do solo, bem noutra adição para a ação estabilizante da estrutura do solo, pelos elementos Ca e/ou Mg, que na faixa de pH abaixo de 7,0 têm ação dispersante (EMBRAPA, 2000).

3.4 EFEITO DA COMPACTAÇÃO DO SOLO

Os efeitos da compactação do solo podem ser prejudiciais ao desenvolvimento das plantas. Altera alguns fatores que afetam o crescimento, como: aeração e retenção de água, devido a diminuição dos espaços vazios existente no solo e resistência à penetração das raízes, podendo inclusive, torná-lo mais susceptível à erosão (SÁ, 2005).

A camada compactada do solo pode ser identificada mediante a avaliação de atributos físicos e morfológicos do solo, como densidade do solo, porosidade do solo, tipo e grau de estrutura do solo e resistência do solo a penetração (KOCHHANN, 2000). Os movimentos de água e de ar no solo, bem como o desenvolvimento radicular de plantas, são influenciados por esses atributos.

Neste contexto, se a planta não possui condições favoráveis ao seu desenvolvimento, tomando o cenário agrícola como exemplo, ocorre diminuição na produção e conseqüentemente prejuízos financeiros ao agricultor.

Os problemas ambientais decorrentes da compactação, que são o escoamento superficial resultante da baixa capacidade de infiltração (OLIVEIRA et al., 2013), ocasionado pela diminuição de espaços vazios, que leva à erosão, assoreamento de cursos d'água, a contaminação das águas superficiais, elevados picos de cheias e não reabastecimento dos aquíferos subterrâneos, são conseqüência da mau uso e conservação do solo, principalmente por práticas agrícolas sem controle.

Para Silva et al. (2012), em estudo promovido sobre o efeito da compactação do solo no desenvolvimento radicular do pinhão manso, a compactação na camada central, influencia diretamente na raiz, promovendo redução na camada superior, podendo prejudicar a penetração de raízes no crescimento, na passagem de água e na aeração.

3.5 DESCOMPACTAÇÃO DO SOLO

O principal motivo para a compactação de solos é o tráfego intenso, o qual inclui, movimento acentuado de veículos, pessoas, animais com cascos ou maquinário agrícola (EMBRAPA, 2010). Por outro lado, práticas inadequadas de cultivo, como ausência de rotação de culturas e excesso de fertilizantes, também podem agravar esta situação.

Alguns métodos de cultivos especiais podem evitar a degradação física do solo, como o método da descompactação do solo, ou seja, reduzir sua densidade, conseqüentemente aumentando o volume, através da interação de processos mecânicos e biológicos para promover a separação das partículas de solo compactado (ALVARENGA, et al. 2009). O método de descompactação pode ser feito das seguintes maneiras: descompactação mecânica e biológica (EMBRAPA, 2000).

3.5.1 Descompactação Mecânica

A escolha e utilização dos equipamentos agrícolas, nos diferentes sistemas de manejo do solo, são dependentes do tratamento que se quer dar ao solo para exploração agrícola. Os equipamentos mecânicos para o preparo do solo relacionados à descompactação, são constituídos em arados de disco, de aiveca e escarificador, e também a prática chamada de subsolagem, que é usada na ocorrência de camadas compactadas em profundidades não atingidas por outros equipamentos, recomendada para o rompimento destas sem, entretanto, causar inversão do solo (EMBRAPA, 2009).

O processo de descompactação mecânica do solo se relaciona basicamente em romper as camadas compactadas por meio de equipamentos mecanizados que operam em profundidades inferiores aos implementos de preparo do solo, qualquer implemento agrícola que operar em profundidades superiores a camada compactada, descompacta mecanicamente o solo. Sendo indicados preferencialmente equipamentos com hastes, a fim de causar menos intensidade de mobilização do solo (KOCHHANN, 2000).

Para programar a descompactação mecânica do solo os escarificadores devem ser regulados para operar a, pelo menos, 5 cm de profundidade inferior a camada compactada. O espaçamento entre as hastes do escarificador determina o grau de compactação do solo (EMBRAPA, 2000).

De acordo com um estudo realizado por Nagahama et al. (2016), sobre os efeitos da escarificação mecânica nos atributos físicos do solo em relação ao capim elefante, sendo utilizado um escarificador com três hastes espaçadas em 0,34 m e com profundidade de 0,35m, a escarificação mostrou ser mais eficiente na profundidade de até 0,15m.

A descompactação mecânica resolve o problema da compactação do solo nas camadas superficiais, ocasionando problemas nas camadas mais profundas, pois abaixo da linha de ação desses descompactadores o solo continuará sendo compactado (PEDROTTI, NETO, 2008).

3.5.2 Descompactação Biológica

Uma alternativa para reduzir a compactação causada pelas práticas inadequadas ou com pouco conhecimento técnico, é o uso de plantas com potencial descompactador, que além de melhorar a estrutura física, acrescentam matéria orgânica ao solo (PAULUS et al., 2000). O sistema radicular das plantas preenche a macroporosidade do solo, proporcionando estabilidade aos agregados do solo (EMBRAPA, 2000).

O cultivo de forrageiras são métodos eficazes para a descompactação do solo. De acordo com estudo realizado por Dezordi et al. (2013), sobre o desenvolvimento aéreo e radicular de espécies vegetais em Latossolo Vermelho distroférico, com três espécies vegetais, milho, braquiária e crotalária. O milho apresentou maior potencial para ser usado como cobertura do solo compactado, por apresentar maior densidade e crescimento radicular, sendo assim o milho apresentou melhor desenvolvimento em todas as densidades analisadas, portanto, é o mais indicado para esse tipo de solo.

Müller et al. (2001), analisaram a influência da compactação do solo em subsuperfície sobre o crescimento de plantas de adubação verde de inverno de cinco espécies (nabo forrageiro, ervilhaca, aveia preta, tremoço branco e aveia branca), e evidenciaram que o nabo forrageiro e a aveia preta apresentaram maiores valores de densidade de comprimento radicular na camada compactada, sendo indicado melhores dentre as espécies estudadas, em romper a camada de solo compactada.

3.5.2.1 Nabo Forrageiro

A espécie nabo forrageiro, conhecido cientificamente por *Raphanus sativus* L., é uma planta da família das Crucíferas. Bastante utilizada na adubação verde, pois suas raízes descompactam o solo, permitindo um preparo

biológico do mesmo na rotação de culturas e na alimentação animal, e pela alta produção de matéria orgânica que retorna ao solo devolve os nutrientes ao ciclo natural. É uma espécie com alta tolerância a geada e a seca, sendo cultivada principalmente em outono e inverno. Por ser muito resistente a solos com problemas de acidez, consegue se desenvolver relativamente bem em solos fracos, sendo resistente a doenças e pragas (BARROS, JARDINE, 2012).

O nabo forrageiro apresenta em suas sementes consideráveis teores de óleo de até 38%, assim tendo facilidade de extração e simplicidade de cultivo, podendo se tornar matéria prima de interesse aos produtores rurais (MASCARENHA, 2010).

O óleo extraído do nabo forrageiro é uma opção de matéria-prima para a produção de biodiesel no Brasil, pois apresenta baixa viscosidade, o que melhora o desempenho do motor. Possui melhor estabilidade química quando comparado ao óleo de soja e ao de girassol, diminuindo possíveis degradações e formação de resíduos sólidos, se armazenado ou transportado inadequadamente (BARROS, JARDINE, 2012).

Crusciol et al. (2005), em sua análise sobre a decomposição e a liberação de macronutrientes dos resíduos de nabo forrageiro, concluiu que o manejo do nabo forrageiro no estágio de pré-florescimento apresenta rápida degradação da palhada liberando quantidades substanciais de macronutrientes.

Segundo Aita e Giacomoni (2003), o nabo forrageiro é caracterizado pelo comportamento de planta recicladora e de dispor nutrientes, principalmente nitrogênio e potássio. Seu sistema radicular é do tipo pivotante, que pode alcançar altas profundidades, sendo uma cultura altamente rústica, oferecendo assim qualidade de planta descompactadora de solo.

Suas raízes promovem importantes efeitos físicos no solo, atuando, especialmente, sobre a descompactação, tornando o solo mais permeável e solto, permitindo um preparo biológico e descompactando o solo. Estas raízes criam canículos ou orifícios, por onde a água penetra, tornando mais permeável e melhorando a condutividade hídrica dos solos agrícolas (HERNANI, 2012; CREMONEZ, 2013). Sua fitomassa tem decomposição rápida devido à baixa relação entre carbono e nitrogênio (HERNANI, 2012).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 ÁREA DE ESTUDO

O experimento foi realizado no município de Francisco Beltrão (26° 05' 11" S de latitude e 53° 05' 24" W de longitude), sudoeste do Estado do Paraná, na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, no período de julho de 2018 a outubro de 2018. A precipitação média anual superior a 2000 mm com maior concentração de chuvas no verão, possui clima subtropical com temperatura média no verão acima de 22°C e inverno inferior a 18°C, com verões quentes e geadas pouco frequentes (IAPAR, 2000).

Segundo dados da Mineropar, as rochas do Paraná formam compartimentos distintos e abrangem um extenso intervalo do tempo geológico, com idades de 2,8 bilhões de anos até o presente. Na baixada litorânea, Serra do Mar e Primeiro Planalto, encontram-se rochas magmáticas e metamórficas mais antigas, recobertas parcialmente por sedimentos recentes de origem marinha e continental. O Segundo Planalto constitui a faixa de afloramento dos sedimentos paleozóicos da Bacia do Paraná. Na Bacia presente região de Francisco Beltrão, a geologia é composta basicamente por sedimentação e magmatismo básico e alcalino.

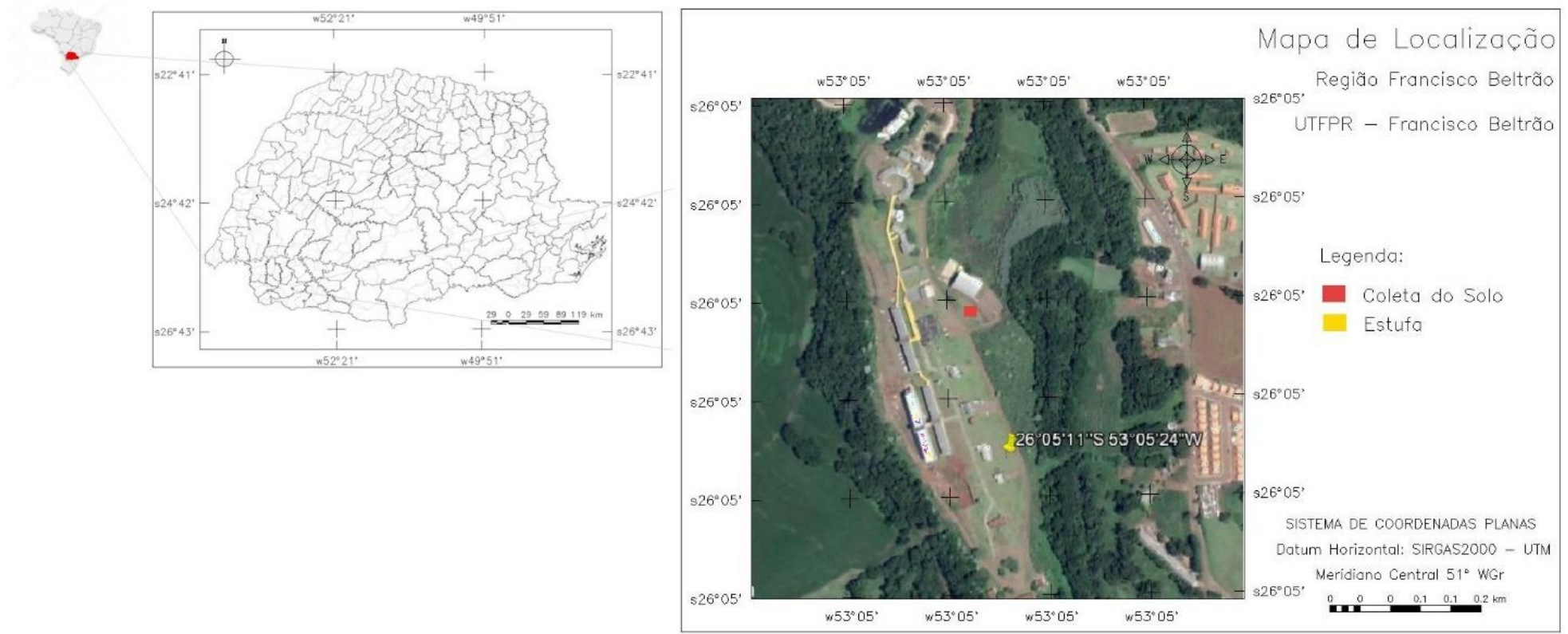


Figura 1: Mapa de localização.

4.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

A pesquisa se deu através de experimento, o qual envolveu o estudo das diferentes formas de distribuição de adubação na cultura do nabo forrageiro, sob a densidade de $1,6 \text{ g/cm}^3$ de solo, de maneira que permita o seu amplo e detalhado conhecimento. Seu desenvolvimento se caracterizou por pesquisa exploratória e descritiva, onde teve início a definição dos passos a serem tomados e os encaminhamentos necessários para a sequência do trabalho, que implica observação, registro e análise do objeto estudado.

Quanto aos procedimentos técnicos, foi utilizado a pesquisa bibliográfica, visto que proporciona embasamento para o trabalho e confronto dos resultados obtidos na pesquisa. Este tipo de pesquisa foi utilizado neste estudo, tendo em vista que, todo tipo de pesquisa requer um embasamento teórico. Nele é preciso observar a teoria de base, que proporcionou sustentação ao trabalho, a revisão bibliográfica e a definição dos termos. Também se utilizou a pesquisa de campo onde foi coletado o solo na Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Francisco Beltrão, para montar os vasos experimentais.

A caracterização química e física realizou-se pelo laboratório de solos “Solanalise – Central de Análises Ltda” (Anexo 1), a qual utiliza a metodologia da Embrapa (2009) para realização das análises. A adubação química do solo foi realizada com base nas análises laboratoriais.

O solo dessa região caracteriza-se como Nitossolo Vermelho Distroférico, de acordo com o Manual Técnico de Pedologia (IBGE, 2015) Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006) e Mapa de Solos do Estado do Paraná (EMBRAPA, 2008).

4.3 TRATAMENTOS

O experimento foi realizado em abrigo solar coberto com sombrite preto, no campus da UTFPR, em delineamento inteiramente casualizado com 4 tratamentos (formas de distribuição de adubo químico): T1) Anel superior e anel inferior ambos sem adubação; T2) Anel inferior e anel superior com adubação; T3) Anel superior com adubação e anel inferior sem adubação; T4) Anel superior sem adubação e anel inferior com adubação, com 4 repetições, totalizando 16

vasos experimentais (tabela 1).

Todos os tratamentos foram realizados com 4 repetições. As repetições que se apresentaram um ponto discrepante, ou até mesmo tenha se perdido ou não desenvolvido durante o experimento, esta foi retirada, e o valor de densidade do solo, produção de massa verde e massa seca, aérea e radicular, foi substituído pela média dos demais, para a realização das análises estatísticas.

Tabela 1: Ilustração delineamento experimental onde T (Tratamento) e R (Repetição). Distribuição dos vasos experimentais inteiramente casualizado.

T1R1	T2R3	T4R1	T3R3
T2R4	T1R2	T2R2	T1R4
T4R2	T3R1	T1R3	T2R1
T3R4	T4R4	T3R2	T4R3

4.4 DENSIDADE DO SOLO

A densidade do anel intermediário (1,6 g/cm³) foi obtida por compressão hidráulica do solo experimental (Figura 1), com umidade de 30%, e pressão hidráulica de 4 toneladas, em anéis de PVC de 5 cm de altura por 20 cm de diâmetro, identificados neste trabalho pelo termo “anel intermediário”, conforme equação (1) desenvolvida para este solo em ensaio hidráulico/mecânico previamente realizado (Oliveira, 2018).

$$Densidade = (0,0995 \times Press\tilde{a}o(t)) + 1,1973 \quad R^2 = 0,948 \quad (Eq. 1)$$



Figura 2: Obtenção do anel intermediário

4.5 UNIDADE EXPERIMENTAL

Para compor as unidades experimentais, os anéis intermediários foram inseridos entre outros dois anéis de PVC (anel superior e anel inferior), de mesmo diâmetro (20 cm), porém com 10 cm de altura, formando uma coluna única de 25 cm de altura, conforme a Figura 2. Foi utilizada uma fita adesiva para fixar o encaixe dos anéis, facilitar a locomoção dos vasos e para evitar perda do solo foi utilizado uma rede de polietileno, sendo fixada na base dos anéis inferiores.

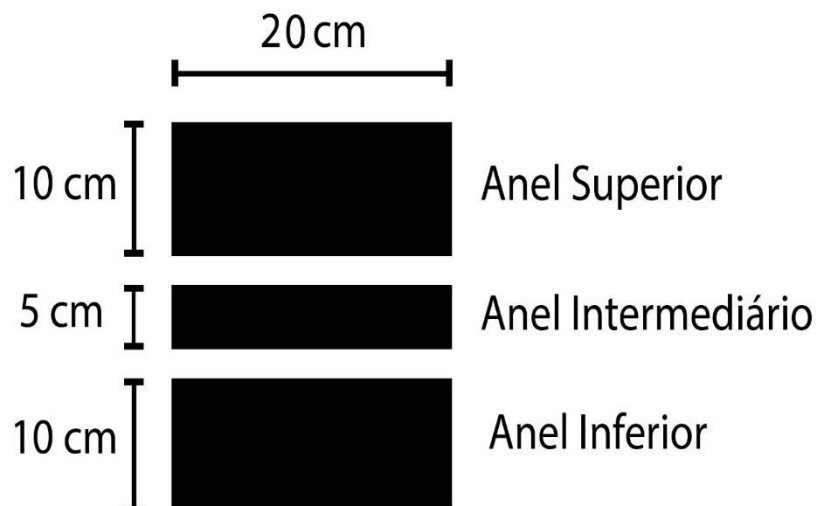


Figura 3: Ilustração representativa da montagem dos anéis.

Os anéis superiores e inferiores foram preenchidos com solo na sua densidade de aproximadamente $0,8 \text{ g/cm}^3$, de acordo com os tratamentos. Os anéis intermediários foram adubados ou não, conforme o tratamento: T1 anel intermediário sem adubo e os tratamentos T2, T3 e T4 anel intermediário com adubo.

Esta metodologia, com o uso de ensaios com vasos de PVC sobrepostos, foi também utilizada em estudos semelhantes realizados por Müller et al. (2001), Frizon e Castro (2004), Silva et al. (2012), Dezordi et al. (2013) e Farias et al. (2013), os quais analisaram o efeito da compactação do solo no crescimento de espécies vegetativas.

O anel intermediário de PVC de 5 cm de altura foi inserido em uma bandeja de plástico (para evitar perdas de solo). Sobre o anel intermediário foi encaixado outro anel de PVC, com de 10 cm de altura, totalizando uma coluna de 15 cm de altura. A coluna de solo foi preenchida com solo experimental até sua totalidade, sendo esta utilizada para a compressão hidráulica.

Para a compressão, sobre a superfície do solo, foi colocada uma chapa metálica de 2 cm de espessura e de diâmetro pouco inferior a 20 cm, objetivando comprimir homoganeamente o solo. O conjunto assim formado foi submetido a compressão hidráulica conforme Equação 1 obtida por Oliveira (2018).

Após montados os vasos experimentais, foram distribuídas 8 sementes por vaso (Figura3) e, ao término de 15 dias de crescimento das plantas,

procedeu-se o desbaste das plantas, deixando-se somente 4 plantas por vaso. O crescimento das plantas decorreu pelo período de 105 dias.



Figura 4: Vasos montados



Figura 5: Experimento em andamento

Ao final do período experimental (Figura 5), foi executado o corte da

parte aérea das plantas, na região de transição entre a raiz e o caule (colo). As partes aéreas e radicular das plantas foram acondicionadas em sacos de papel, visando facilitar o transporte ao laboratório de solos da UTFPR – FB. No laboratório foi realizada a pesagem do material em balança de precisão, obtendo, com isto, a massa verde da parte aérea e a massa verde da parte radicular. Os sacos contendo os materiais verdes foram colocados em estufa de ar forçado à 105° C, por 24h, para desidratar, obtendo assim a massa seca da parte aérea e radicular das plantas.



Figura 6: Final do Experimento

Para a determinar a densidade do solo após o experimento, inicialmente os anéis intermediários foram pesados, em balança de precisão, com o solo na condição úmido, posteriormente, foram colocados em estufa à 105° C por 24h, em seguida pesados novamente para a obtenção do peso seco do solo. Por diferença (peso úmido menos peso seco) foi determinado a massa de solo (EMBRAPA, 2017).



Figura 7: Anel intermediário sendo pesado

A Densidade Aparente do solo foi determinada pela fórmula da densidade aparente do solo (Equação 2).

$$Densidade\ Aparente\ do\ Solo = \frac{Massa\ (gramas)}{Volume\ (cm^3)} \quad (Eq. 2)$$

4.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para a comparação dos níveis de densidade e produção de massa verde e seca das partes aérea e radicular da planta, após o termino do experimento, foi utilizado o teste de normalidade de Shapiro-Wilk, o teste de homogeneidade Bartlett test, o qual verifica se as amostras são de populações com variações iguais, também foi realizado a análise de variância ANOVA e o teste de Tukey ao nível de 5% de significância. As análises estatísticas foram realizadas com auxílio do software R studio.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O período em que a planta ficou na unidade experimental foi de 105 dias, durante esse período foi possível observar que a parte aérea da planta se desenvolveu satisfatoriamente. As primeiras análises foram de massa verde e massa seca da parte aérea da planta.

5.1 MASSA VERDE AÉREA (MVA) E MASSA SECA AÉREA (MSA)

De acordo com o teste de normalidade de Shapiro-Wilk, e o teste de homogeneidade de Bartlett a 5% de significância, realizado no software RStudio, os dados obtidos da produção de massa verde e massa seca aérea do nabo forrageiro, podem ser considerados normais e as variações homogêneas.

Tabela 2: Média e desvio padrão dos resultados obtidos com a parte verde aérea do cultivo do nabo forrageiro na região de Francisco Beltrão/PR, no ano de 2018.

Tratamentos	Superior:	Massa verde aérea (MVA), em gramas (g)	Massa seca aérea (MSA), em gramas (g)
	Inferior		
T1	SA:SA	57,125 ± 19,060 ^b	30,600 ± 3,179 ^b
T2	CA:SA	196,150 ± 70,443 ^{ab}	51,575 ± 9,828 ^{ab}
T3	SA:CA	279,275 ± 132,485 ^a	58,375 ± 16,091 ^a
T4	CA:CA	303,225 ± 95,696 ^a	66,775 ± 12,205 ^a

Letras iguais nas colunas indicam médias estatisticamente iguais pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. Valores médios ± Desvio Padrão.

CA – com adubação, SA – sem adubação.

A análise estatística revelou haver diferença significativa, tanto na produção de massa verde quanto de massa seca da parte aérea das plantas de nabo forrageiro, para o tratamento 1 (T1) em comparação com os demais tratamentos, conforme evidenciado na Tabela 2. Esta diferença se justifica devido ao fato de que o tratamento 1 não possuía adubação, logo, obteve menor produção de massa aérea.

O tratamento 4 (T4), o qual possui adubação tanto na parte superior como na parte inferior da unidade experimental, apesar de apresentar média superior aos tratamentos T2 e T3, não os difere estatisticamente. Tal resultado aponta

que ter adubação na parte superior da camada compactada, que geralmente é identificado quando ocorre plantio direto intenso, sem rotação de culturas, e o solo acima da camada compactada concentra maior parte da matéria orgânica e nutrientes, ou ter adubação na parte inferior, inserida por instrumentos agrícolas que conseguem penetrar a camada compactada do solo, não tem influência significativa na produção de massa verde e massa seca aérea do nabo forrageiro. Esta evidência também pode ser identificada no gráfico de boxplot (figura 7).

Também é evidenciado que o tratamento T2 não difere estatisticamente dos demais tratamentos. Este resultado se deve a variação dos valores obtidos, pelos gráficos de boxplot abaixo é possível observar está variação (Figura 7).

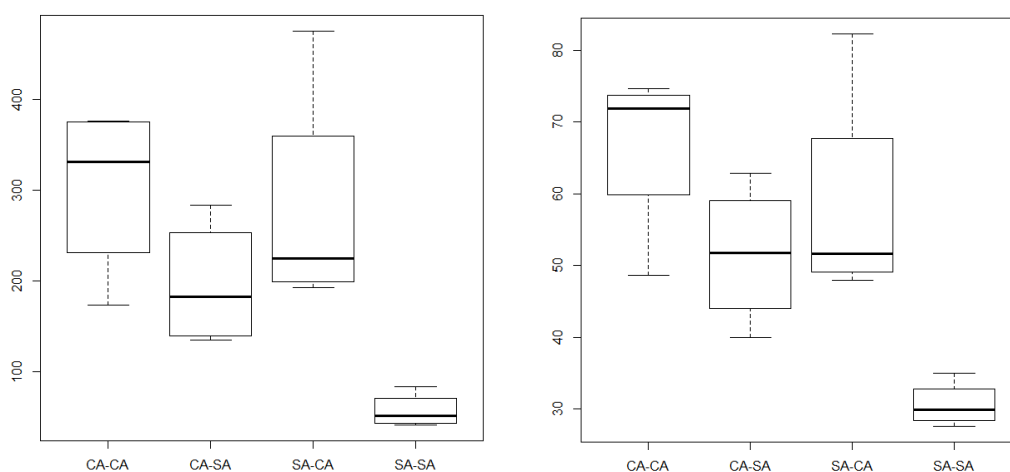


Figura 8: Gráficos de bloxplot da massa verde e massa seca aérea, demonstrados os valores em gramas.

5.2 MASSA VERDE RADICULAR (MVR) E MASSA SECA RADICULAR (MSR)

De acordo com o teste de normalidade de Shapiro-Wilk, e o teste de homogeneidade de Bartlett a 5% de significância, realizado no software RStudio, os dados obtidos da produção de massa verde e massa seca radicular do nabo forrageiro, podem ser considerados normais e as variações homogêneas.

Tabela 3: Média e desvio padrão dos resultados obtidos com a parte verde e seca radicular, do cultivo do nabo forrageiro na região de Francisco Beltrão/PR, no ano de 2018.

Tratamentos	Superior:	Massa verde	Massa seca
	Inferior	radicular (MVR), em gramas (g)	radicular (MSR), em gramas (g)
T1	SA:SA	2,375 ± 1,053 ^b	0,800 ± 0,294 ^b
T2	CA:SA	9,275 ± 4,207 ^{ab}	2,175 ± 0,861 ^{ab}
T3	SA:CA	11,150 ± 5,346 ^a	2,775 ± 1,497 ^a
T4	CA:CA	14,575 ± 3,416 ^a	3,500 ± 0,663 ^a

Letras iguais nas colunas indicam médias estatisticamente iguais pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. Valores médios ± Desvio Padrão.

CA – com adubação, SA – sem adubação.

As análises obtidas para a produção de massa verde e massa seca radicular do nabo forrageiro condizem com os resultados obtidos no item 5.2 deste trabalho, apontam que para os tratamentos com adubação as medias são estatisticamente iguais de acordo com o teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

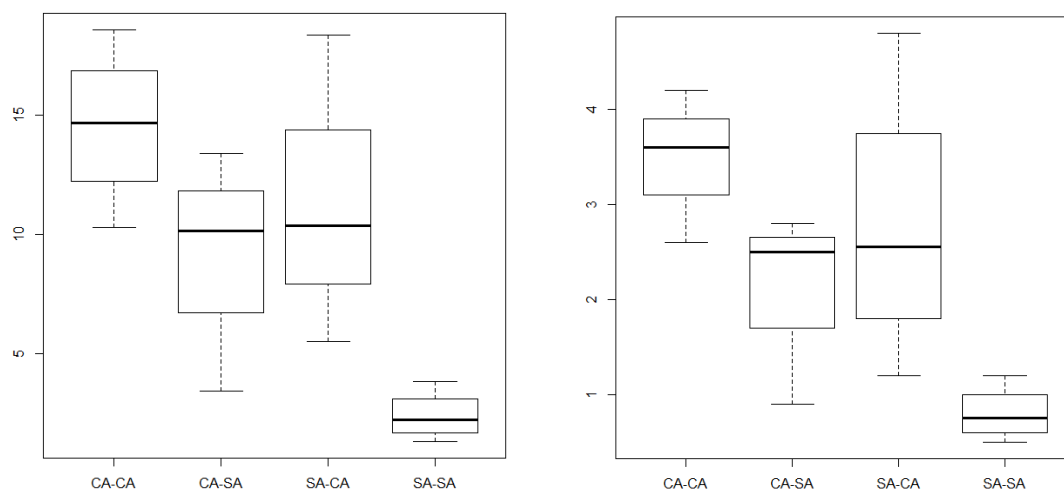


Figura 9: Gráficos de boxplot da massa verde e massa seca radicular, valores demonstrados em gramas.

Em todos os tratamentos as raízes do nabo forrageiro romperam a camada compactada, visualmente no tratamento T1 elas não eram desenvolvidas satisfatoriamente como nos demais. Apesar disso foi verificado

que algumas raízes apresentaram grande dificuldade em romper a camada, provocando danos ao seu desenvolvimento, como podemos verificar nas figuras abaixo.



Figura 10: Desenvolvimento radicular do nabo forrageiro.

O desenvolvimento radicular é de grande importância na diminuição da densidade da camada de solo compactada, quanto mais voraz for a raiz da planta maior será a influência na descompactação. Quando a mesma rompe a camada compactada ela quebra a resistência que existe para a infiltração da água no solo e melhora a estrutura física do solo. Neste experimento foi

evidenciado que para os tratamentos que possuíam adubação, a raiz pivotante do nabo forrageiro se desenvolveu com maior voracidade, proporcionando resultados significativos na redução da densidade na camada de solo compactado, como é evidenciado nos resultados de densidade do solo do anel intermediário, item 5.3 deste trabalho.

5.3 DENSIDADE DO SOLO DO ANEL INTERMEDIÁRIO

De acordo com o teste de normalidade de Shapiro-Wilk, e o teste de homogeneidade de Bartlett a 5% de significância, realizado no software RStudio, os dados obtidos de densidade do anel intermediário após a execução do experimento, podem ser considerados normais e as variações homogêneas.

Tabela 4 - Densidades de partículas, do solo, do anel intermediário, inicial e final, do cultivo de nabo forrageiro, na região de Francisco Beltrão/PR, no ano de 2018.

Tratamentos	Superior: Inferior	Densidade Inicial (g/cm³)	Densidade Final (g/cm³)
T1	SA:SA	1,600	0,893 ± 0,020 ^a
T2	CA:SA	1,600	0,844 ± 0,012 ^b
T3	SA:CA	1,600	0,817 ± 0,028 ^b
T4	CA:CA	1,600	0,816 ± 0,019 ^b

Letras iguais nas colunas indicam médias estatisticamente iguais pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. Valores médios ± Desvio Padrão.

CA – com adubação, SA – sem adubação.

De acordo com as análises estatísticas, houve diferença significativa entre a média de densidade do solo do tratamento T1 com os demais tratamentos. Tais resultados são indícios de que a descompactação do solo pela cultura do nabo forrageiro é influenciada tanto pela produção de massa aérea e massa radicular, quanto pela presença de adubação, que é um fator predominante no desenvolvimento da planta, e conseqüentemente na ação das raízes em descompactar o solo.

O gráfico de boxplot da densidade do solo (Figura 10), mostra esta diferença entre a média dos tratamentos, nele é possível observar que o

tratamento T1 obteve valores de densidade maiores que os demais tratamentos.

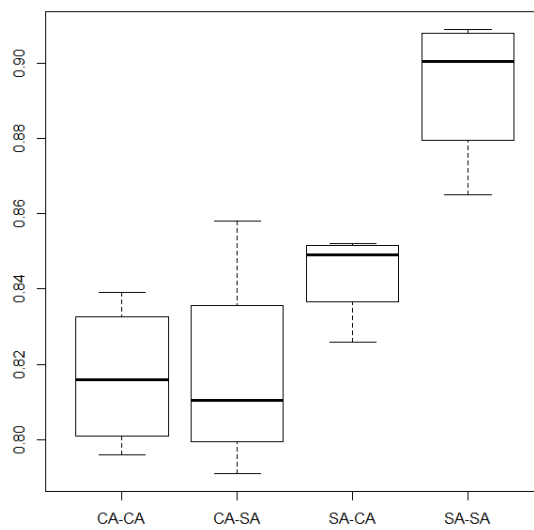


Figura 11: Gráfico de boxplot da densidade do solo, valores demonstrados em gramas.

6. CONCLUSÃO

Avaliando os resultados obtidos pela aplicação da cultura do nabo forrageiro, por meio da produção de massa verde e massa seca da parte aérea e radicular, foi possível verificar que o nabo se desenvolveu satisfatoriamente nos três tratamentos que possuíam adubação (T2, T3 e T4), indiferente de ser na parte superior ou inferior da camada compactada.

A densidade é um importante parâmetro a ser avaliado, em solos compactados, reduzindo-a, conseqüentemente tem-se aumento de porosidade, que favorece o processo de infiltração da água e o desenvolvimento agrícola.

O nabo forrageiro conseguiu se desenvolver em todos os tratamentos avaliados, diminuindo a densidade significativamente, porém seu desenvolvimento foi inferior no tratamento que não possuía adubação, o que nos dá indício de que, apesar de ter determinado potencial em descompactar o solo de maneira biológica, em solos mais pobres em nutrientes, seu efeito é consideravelmente inferior aos de maior qualidade (adubação).

Após concluir o experimento, percebeu-se que a espécie, nabo forrageiro, pode ser indicada como planta descompactadora de solo, por ter influência significativa na redução da densidade da camada compactada, e acrescentar ainda nutrientes e melhoria na qualidade física do solo, diferente de implementos agrícolas que o faz somente de forma superficial e temporária.

REFERÊNCIAS

- AITA, C.; GIACOMONI, S. J. **Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura de solo solteiras e consorciadas.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 27, n. 4, p.601-612, 2003.
- ALVARENGA, R. C.; COSTA, L. M.; FILHO M. W.; REGAZZI, A. J. **Crescimento de Raízes de Leguminosas em Camadas de Solo Compactadas Artificialmente.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 20:319-326, 1996
- BARROS, T. D.; JARDINE, J. G.; **Agroenergia: Nabo forrageiro.** 2012
Disponível em:
<<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/agroenergia/arvore/CONT000fbl23vn002wx5eo0sawqe38tspejq.html>>. Acesso em 03/05/2018
- BERTONI, J.; NETO, F. L. **Conservação do Solo** 6. ed. São Paulo: Ícone, 2008. 355 p.
- CREMONEZ, P.A., et al. **Nabo forrageiro: do cultivo a produção de biodiesel.** Acta Iguazu, Cascavel, v.2, n.2, p. 64-72, 2013.
- CRUSCIOL, C.A.C.; COTTICA, R.L.; LIMA, E.V.; ANDREOTTI, M.; MORO, E.; MARCON, E.; **Persistência de palhada e liberação de nutrientes do nabo forrageiro no plantio direto.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília v.40, n.2, p.161-168, 2005.
- DEZORDI, G. B.; MENDES; K. F.; MACEDO, F. G.; CAMACHOS, M. A.; COLLETI, A. J.; GOUVEIA, R. G. L.; **Desenvolvimento aéreo e radicular de espécies vegetais em Latossolo Vermelho distroférico sob compactação induzida.** Scientia Plena, Tangará da Serra, v. 9, n. 5, 2013.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes.** – 2. ed. rev. aplicada. – Brasília, 2009.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 2. ed. – Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2006. 306 p.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Compactação e descompactação de solos.** – Passo Fundo: EMBRAPA TRIGO, 2000. 20 p.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Mapa de solos do estado do Paraná.** Rio de Janeiro: EMBRAPA-SOLOS, 2008.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ).

Cultivo da Videira: Mecanização. Rio de Janeiro, Sistemas de Produção, 1 – 2a. edição, 2010.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de Métodos de Análise de Solo.** 3. ed. rev. aplicada, p. 66, 2017.

EMBRAPA MILHO E SORGO. Sistemas de Produção. 5ª ed. 2009. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_5_ed/ferequip.htm>. Acesso em: 28/04/2018.

COELHO, M. R.; FIDALGO, E. C. C.; SANTOS, H. G. dos; BREFIN, M. de L. M. S.; PEREZ, D. V. **Solos: tipos, suas funções no ambiente, como se formam e sua relação com o crescimento das plantas.** Embrapa Solos Cap. 3, 2013.

FILHO, F. X. O.; MIRANDA, N. O.; MEDEIROS, J. F.; SILVA, P. C. M.; MESQUITA, F. O.; COSTA, T. K. G.; **Compactação de solo cultivado com cana de açúcar em Baía Formosa, Rio Grande do Norte.** Revista Ceres, Viçosa, v.63, n.5, 2016.

FRIZON, D.; CASTRO, A. M. C. **Desenvolvimento do feijão-guando (guandu) em diferentes densidades de solo argiloso.** Revista. Varia Scientia v. 04, n. 08, p. 91-101, 2004.

GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO R. G. M. **Erosão e conservação dos solos.** 4.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009. 339 p.

HERNANI, L. C.; **Sistema Plantio Direto: Nabo forrageiro.** Embrapa, 2012. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/sistema_plantio_direto/arvore/CONT000fh2b6jui02wyiv80rn0etn7qovcch.html#>. Acesso em: 27/04/2018.

KOCHHANN, R. A.; DENARDIN, J. E.; SERTON, A. L. **Compactação e descompactação de solos.** Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2000. 20p. (Embrapa Trigo. Documentos, 19).

LEPSCH, I. F. **Formação e conservação dos solos.** 2.ed. São Paulo: Oficina de textos, 2010. 216p.

LIMA, V. C.; LIMA, M. R. **Solo no meio ambiente.** Cap. 1 Formação do solo, Setor De Ciências Agrárias Departamento de Solos e Engenharia Agrícola-UFPR, Curitiba - PR: 2007. 216p.

IBGE, **Manual técnico de pedologia.** 3 ed. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro. 2015

MÜLLER, M. M. L.; CECCON, G.; ROSOLEM, C. A.; **Influência da compactação do solo em subsuperfície sobre o crescimento aéreo e radicular de plantas de adubação verde de inverno.** Revista Brasileira de Classificação do Solo, Botucatu, v. 25, p 531 – 538, 2001.

NAGAHAMA, H. J.; GRANJA, G. P.; CORTEZ, J. W.; RAMOS, R. L.; ARCOVERDE, S. N. S.; **Efeitos da escarificação mecânica nos atributos físicos do solo e agronômicos do capim elefante.** Revista Ceres, Viçosa, v. 63, n. 5, 2016.

OLIVEIRA, Jacineumo F. de, et al. **Compactação de um chernossolo rendzico em sistema lavoura- pecuária pelo método uniaxial.** Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável (Mossoró – RN - Brasil), v. 8, n. 3, p. 52 - 59, jul – set , 2013

OLIVEIRA, Tiago, A. D. **EFEITO DA PRESSÃO HIDRÁULICA SOBRE A DENSIDADE DO SOLO** - Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Francisco Beltrão, 2018.

PAULUS, G.; MULLER, A.M.; BARCELLOS, L.A.R. **Agroecologia aplicada: práticas e métodos para uma agricultura de base ecológica.** Porto Alegre: EMATER/RS, 2000. p. 56

PEDROTTI, A.; NETO, M. D.; **Mecanização agrícola: Fontes mecanizadas como contribuição aos sistemas de produção agrícola.** Aracaju: Fundação Oviêdo Teixeira, 2008. 204 p.

PRIMAVESI, Ana. **Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais.** São Paulo: Nobel, 2002. 549 p.

RANGEL, O. J. P.; SILVA, C. A. **Estoques de carbono e nitrogênio e frações orgânicas de Latossolo submetido a diferentes sistemas de uso e manejo.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 31, p. 1609-1623, 2007.

RICHART, A.; FILHO, J. T.; BRITO, O. R.; LLANILLO, R. F.; FERREIRA, R.; **Compactação do solo: causas e efeitos.** Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 26, n. 3, p. 321-344, 2005.

SÁ, M. A. C., JUNIOR, J. D. G. S. **Compactação do solo: consequências para o crescimento vegetal.** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2005. 24p.

SALES, R. P., et al. **Qualidade física de um Latossolo sob plantio direto e preparo convencional no semiárido.** Revista Ciência Agronômica, Fortaleza, CE, v. 47, n. 3, p. 429-438, jul-set, 2016

SANTOS, F.S., et al. **A utilização de plantas de cobertura na recuperação de solos compactados.** Acta Iguazu, Cascavel, v.3, n.3, p. 82-91, 2014.

SILVA, S. D.; ALVES, J. M.; MESQUITA, G. M.; LEANDRO, W. M.; **Efeito da compactação do solo no desenvolvimento aéreo e radicular do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) e crambe (*Crambe abyssinica* Hochst).** Global Science and Technology, Rio Verde, v. 05, n. 02, p. 87 – 97, 2012.

ZIMBACK, C. R. L.; **Formação dos solos.** Botucatu: GEPAG – UNESP, 2003.

ANEXOS

Anexo 1 – Resultados de Análise de solos



Av. Rocha Pombo, 170 - Jd. Gramado
 Cascavel - PR CEP 85.816-540
 Telefone / Fax: 45 3227 1020
 CNPJ: 85.473.338/0001-13
 E-mail: solanalise@solanalise.com.br
 Home Page: www.solanalise.com.br



Cliente: EMATER FRANCISCO BELTRAO
 Nome: WILLIAN RETKA
 Gleba/Perímetro: SDE
 Propriedade: SDE
 Lote Rural: SDE
 Matrícula: SDE
 Localidade: SDE
 Município: Francisco Beltrão - PR
 Amostra:

Data Entrega: 13/04/2018

Data Coleta: 13/04/2018

Controle: 21719 / 2018

Resultado de Análise de Solos			INTERPRETAÇÃO		
ELEMENTOS	mg/dm ³	cmol _c /dm ³	BAIXO	MÉDIO	ALTO
Cálcio	Ca	4,43			■■■■
Magnésio	Mg	1,11			■■■■
Potássio	K	97,50		■■■■	
Alumínio	Al	0,00	■■■■		
H + Alumínio	H + Al	4,28			■■■■
Soma de bases	S	5,79			■■■■
C T C pH 7.0	T	10,07			■■■■
C T C efetiva	t	5,79			■■■■
g/dm ³					
Carbono	C	6,00	■■■■		
M. Orgânica	MO	10,32	■■■■		
%					
Sat. Alumínio	Al	0,00	■■■■		
Sat. Bases	V	57,50		■■■■	
Argila	Arg				
mg/dm ³					
Boro	B				
Enxofre	S				
Ferro	Fe	34,10		■■■■	
Manganês	Mn	23,80			■■■■
Cobre	Cu	6,70			■■■■
Zinco	Zn	0,70	■■■■		
pH Água					
pH SMP					
pH CaCl ₂		5,20			

Observação:

GRANULOMETRIA %	
Areia:	
Silte:	
Argila:	
Classificação do Solo, Tipo:	
FÓSFORO	
mg/dm ³	
Fósforo	P 3,08
Fósforo Rem.	1,70
Nível Crítico de Fósforo	MCP 5,18
%	
Fósforo Relativo	PR 59,50

RELAÇÕES cmol _c /dm ³				
Ca / Mg	Ca / K	Mg / K	K/(Ca+Mg)	
3,99	17,72	4,44	0,11	
K%	Ca%	Mg%	H%	Al%
2,48	43,99	11,02	42,50	0,00

Cascavel, 19 de Abril de 2018

Decio Carlos Zocoler
 Químico Responsável
 CRQ 09100089 - 9ª Região

Daniel Florio Zocoler
 Químico Industrial
 CRQ 09202405 - 9ª Região

Anexo 2 – Resultados de Indicação de Adubação com base nas análises do solo

Universidade Tecnológica Federal do Paraná
 Rua: Linha Santa Bárbara Nº: sn Cidade: Francisco Beltrão Estado: PR
 Bairro: Interior CEP: 85600000 Telefone: 46 3520 2600 E-mail: hvielmo@utfpr.edu.br
 Visite nossa empresa no seguinte endereço eletrônico: <http://portal.utfpr.edu.br/campus/franciscobeltrao>

INDICAÇÃO DE ADUBAÇÃO E CALAGEM

Proprietário: Willian Retka	Área da gleba (ha): 20
Local: Francisco Beltrão	Cultivo após análise: Primeiro
Fazenda: UTFPR	Expectativa de rendim. (Mha): 2
Gleba: UTFPR	Registro da análise de solo: 1
Cultura: Nabo forrageiro	Data de semeadura ou plantio: 20/05/2018

DIAGNÓSTICO PARA ADUBAÇÃO E CALAGEM

pH	Ca	Mg	Al	H+Al	CTCpH7	Al	V	SMP	MO	Argila	P	K
—	—	—	cmolc/dm ³	—	—	—	%	—	—	%	—	mg/dm ³
5,2	4,4	1,1	0,0	4,3	10,1	0,0	57,5	6,0	1,0	25,0	3,1	97,5
B	A	A	—	—	M	MB	B	—	B	—	MB	A

MB = Muito Baixo; B = Baixo; M = Médio; A = Alto; MA = Muito Alto

CALAGEM

Fonte	PRNT (%)	Preço (R\$/t)	Dosagem (t/ha)	Custo (R\$/ha)	Quantidade (t)	Custo total (R\$)
Exemplo	80	115,50	2,8	323,40	56,0	6468,00

ADUBAÇÃO DE BASE

Fonte	Preço (R\$/t)	Dosagem (kg/ha)	Custo (R\$/ha)	Quantidade (kg)	Custo total (R\$)
Nenhuma	0,00	0	0,00	0	0,00
Uréia	1155,00	23	26,00	460	520,00
S. Trip.	1122,00	268	301,00	5360	6020,00
Clor. Pot.	1320,00	69	91,00	1380	1820,00

ADUBAÇÃO DE COBERTURA

Fonte	Preço (R\$/t)	Dosagem (kg/ha)	Custo (R\$/ha)	Quantidade (kg)	Custo total (R\$)
Uréia	1155,00	68	78,54	1360	1570,80

Parcela	kg/ha	Época de aplicação	Parcela	kg/ha	Época de aplicação
1ª	17	20	5ª	0	0
2ª	17	20	6ª	0	0,00
3ª	34	20	7ª	0	0
4ª	0	0	8ª	0	0

Custo total da gleba (R\$) 16398,80

OBS:

Orientações do técnico:

0

Herman Vielmo/Agrônomo
 CREA: 72220-D
 Responsável Técnico

APÊNDICE A - ANÁLISES ESTATÍSTICAS REALIZADAS NO SOFTWARE RSTUDIO

```

> ## _____ MVA _____
>
> ## Inserindo conjunto de dados
> dados <- read.table("tccdados.txt", head=TRUE)
> dados
  Tratamentos Superior Inferior  MVA  MSA  MVR MSR Densidade
1      SA-SA      SA      SA  57.1 30.6  2.4 0.8    0.894
2      SA-SA      SA      SA  41.8 27.6  1.3 0.5    0.909
3      SA-SA      SA      SA  45.6 29.2  2.0 0.7    0.865
4      SA-SA      SA      SA  84.0 35.0  3.8 1.2    0.907
5      CA-SA      CA      SA 284.0 62.9 10.0 2.8    0.791
6      CA-SA      CA      SA 135.0 39.9  3.4 0.9    0.808
7      CA-SA      CA      SA 222.0 55.3 13.4 2.5    0.858
8      CA-SA      CA      SA 143.6 48.2 10.3 2.5    0.813
9      SA-CA      SA      CA 192.5 50.2 10.4 2.7    0.851
10     SA-CA      SA      CA 205.5 47.9  5.5 1.2    0.826
11     SA-CA      SA      CA 475.3 82.3 18.4 4.8    0.847
12     SA-CA      SA      CA 243.8 53.1 10.3 2.4    0.852
13     CA-CA      CA      CA 288.3 71.1 14.2 4.2    0.826
14     CA-CA      CA      CA 173.6 48.6 10.3 2.6    0.806
15     CA-CA      CA      CA 374.8 72.7 15.2 3.6    0.796
16     CA-CA      CA      CA 376.2 74.7 18.6 3.6    0.839
>
> trat <- as.factor(dados$Tratamentos)
> resposta <- as.numeric(dados$MVA)
> attach(dados)
>
> ## Estatística descritivas
> # calcula a media de cada tratamento
> dados.media <- with(dados, tapply(resposta, trat, mean))
>
> # calcula o desvio padrão de cada tratamento
> dados.sd <- with(dados, tapply(resposta, trat, sd))
>
> # organiza as médias, desvio padrão em forma de tabela
> tab <- data.frame(Médias = dados.media, Desvio_padrao = dados.sd)
> tab
>
  Médias Desvio_padrao
CA-CA 303.225    95.69697
CA-SA 196.150    70.44305
SA-CA 279.275   132.48513
SA-SA  57.125    19.06085

```

```

>
> ## Gráfico boxplot
> boxplot(resposta ~ trat, data=dados)
>
> ## Teste de normalidade
> shapiro.test(resposta)

      Shapiro-Wilk normality test

data:  resposta
W = 0.95249, p-value = 0.5301

> bartlett.test(resposta ~ trat)

      Bartlett test of homogeneity of variances

data:  resposta by trat
Bartlett's K-squared = 6.9885, df = 3, p-value = 0.07226

> hist(resposta)
>
> ## Análise de variância + Tukey
> require(ExpDes.pt)
>
> dic(trat, resposta, quali = c(TRUE), mcomp = "tukey", sigT = 0.05, sigF = 0.05)
-----
Quadro da análise de variancia
-----

```

	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	3	148192	49397	6.1678	0.0088444
Residuo	12	96107	8009		
Total	15	244299			

```

-----
CV = 42.83 %

-----
Teste de normalidade dos residuos
valor-p: 0.6288998
De acordo com o teste de Shapiro-wilk a 5% de significancia, os residuos
os podem ser considerados normais.
-----

-----
Teste de homogeneidade de variancia
valor-p: 0.07226377

```

De acordo com o teste de bartlett a 5% de significancia, as variancias podem ser consideradas homogeneas.

Teste de Tukey

Grupos Tratamentos Medias

```
a      CA-CA  303.225
a      SA-CA  279.275
ab     CA-SA  196.15
b      SA-SA  57.125
```

--

```
> #_____MSA_____
>
> ## Inserindo conjunto de dados
> dados <- read.table("tccdados.txt", head=TRUE)
> dados
  Tratamentos Superior Inferior  MVA  MSA  MVR MSR Densidade
1      SA-SA      SA      SA  57.1 30.6  2.4 0.8    0.894
2      SA-SA      SA      SA  41.8 27.6  1.3 0.5    0.909
3      SA-SA      SA      SA  45.6 29.2  2.0 0.7    0.865
4      SA-SA      SA      SA  84.0 35.0  3.8 1.2    0.907
5      CA-SA      CA      SA 284.0 62.9 10.0 2.8    0.791
6      CA-SA      CA      SA 135.0 39.9  3.4 0.9    0.808
7      CA-SA      CA      SA 222.0 55.3 13.4 2.5    0.858
8      CA-SA      CA      SA 143.6 48.2 10.3 2.5    0.813
9      SA-CA      SA      CA 192.5 50.2 10.4 2.7    0.851
10     SA-CA      SA      CA 205.5 47.9  5.5 1.2    0.826
11     SA-CA      SA      CA 475.3 82.3 18.4 4.8    0.847
12     SA-CA      SA      CA 243.8 53.1 10.3 2.4    0.852
13     CA-CA      CA      CA 288.3 71.1 14.2 4.2    0.826
14     CA-CA      CA      CA 173.6 48.6 10.3 2.6    0.806
15     CA-CA      CA      CA 374.8 72.7 15.2 3.6    0.796
16     CA-CA      CA      CA 376.2 74.7 18.6 3.6    0.839
>
> trat <- as.factor(dados$Tratamentos)
> resposta <- as.numeric(dados$MSA)
> attach(dados)
The following objects are masked from dados (pos = 3):
  Densidade, Inferior, MSA, MSR, MVA, MVR, Superior, Tratamentos
>
> ## Estatística descritivas
> # calcula a media de cada tratamento
> dados.media <- with(dados, tapply(resposta, trat, mean))
>
```

```

> # calcula o desvio padrão de cada tratamento
> dados.sd <- with(dados, tapply(resposta, trat, sd))
>
> # organiza as médias, desvio padrão em forma de tabela
> tab <- data.frame(Médias = dados.media, Desvio_padrao = dados.sd)
> tab
      Médias Desvio_padrao
CA-CA 66.775      12.205839
CA-SA 51.575       9.828996
SA-CA 58.375      16.091276
SA-SA 30.600       3.179098
>
> ## Gráfico boxplot
> boxplot(resposta ~ trat, data=dados)
>
> ## Teste de normalidade
> shapiro.test(resposta)

      Shapiro-wilk normality test

data:  resposta
W = 0.94677, p-value = 0.4403

> bartlett.test(resposta ~ trat)

      Bartlett test of homogeneity of variances

data:  resposta by trat
Bartlett's K-squared = 5.2271, df = 3, p-value = 0.1559

> hist(resposta)
>
> ## Análise de variância + Tukey
> require(ExpDes.pt)
>
> dic(trat, resposta, quali = c(TRUE), mcomp = "tukey", sigT = 0.05, sigF = 0.05)
-----
Quadro da análise de variancia
-----
      GL      SQ      QM      Fc      Pr>Fc
Tratamento  3 2867.9 955.96 7.4303 0.0045044
Residuo     12 1543.9 128.66
Total       15 4411.8
-----
CV = 21.88 %

```

 Teste de normalidade dos residuos

valor-p: 0.9289243

De acordo com o teste de Shapiro-wilk a 5% de significancia, os residuos podem ser considerados normais.

 Teste de homogeneidade de variancia

valor-p: 0.1559066

De acordo com o teste de Bartlett a 5% de significancia, as variancias podem ser consideradas homogeneas.

Teste de Tukey

Grupos Tratamentos Medias

a	CA-CA	66.775
a	SA-CA	58.375
ab	CA-SA	51.575
b	SA-SA	30.6

>

> # _____MVR_____

>

> ## Inserindo conjunto de dados

> dados <- read.table("tccdados.txt", head=TRUE)

> dados

	Tratamentos	Superior	Inferior	MVA	MSA	MVR	MSR	Densidade
1	SA-SA	SA	SA	57.1	30.6	2.4	0.8	0.894
2	SA-SA	SA	SA	41.8	27.6	1.3	0.5	0.909
3	SA-SA	SA	SA	45.6	29.2	2.0	0.7	0.865
4	SA-SA	SA	SA	84.0	35.0	3.8	1.2	0.907
5	CA-SA	CA	SA	284.0	62.9	10.0	2.8	0.791
6	CA-SA	CA	SA	135.0	39.9	3.4	0.9	0.808
7	CA-SA	CA	SA	222.0	55.3	13.4	2.5	0.858
8	CA-SA	CA	SA	143.6	48.2	10.3	2.5	0.813
9	SA-CA	SA	CA	192.5	50.2	10.4	2.7	0.851
10	SA-CA	SA	CA	205.5	47.9	5.5	1.2	0.826
11	SA-CA	SA	CA	475.3	82.3	18.4	4.8	0.847
12	SA-CA	SA	CA	243.8	53.1	10.3	2.4	0.852
13	CA-CA	CA	CA	288.3	71.1	14.2	4.2	0.826
14	CA-CA	CA	CA	173.6	48.6	10.3	2.6	0.806
15	CA-CA	CA	CA	374.8	72.7	15.2	3.6	0.796
16	CA-CA	CA	CA	376.2	74.7	18.6	3.6	0.839

>

> trat <- as.factor(dados\$Tratamentos)

```

> resposta <- as.numeric(dados$MVR)
> attach(dados)
The following objects are masked from dados (pos = 3):

    Densidade, Inferior, MSA, MSR, MVA, MVR, Superior, Tratamentos

The following objects are masked from dados (pos = 4):

    Densidade, Inferior, MSA, MSR, MVA, MVR, Superior, Tratamentos

>
> ## Estatística descritivas
> # calcula a media de cada tratamento
> dados.media <- with(dados, tapply(resposta, trat, mean))
>
> # calcula o desvio padrão de cada tratamento
> dados.sd <- with(dados, tapply(resposta, trat, sd))
>
> # organiza as médias, desvio padrão em forma de tabela
> tab <- data.frame(Médias = dados.media, Desvio_padrao = dados.sd)
> tab
      Médias Desvio_padrao
CA-CA 14.575      3.416016
CA-SA  9.275      4.207434
SA-CA 11.150      5.346962
SA-SA  2.375      1.053170
>
> ## Gráfico boxplot
> boxplot(resposta ~ trat, data=dados)
>
> ## Teste de normalidade
> shapiro.test(resposta)

      Shapiro-Wilk normality test

data:  resposta
W = 0.9239, p-value = 0.1949

> bartlett.test(resposta ~ trat)

      Bartlett test of homogeneity of variances

data:  resposta by trat
Bartlett's K-squared = 5.2221, df = 3, p-value = 0.1562

> hist(resposta)
>

```

```
> ## Análise de variância + Tukey
> require(ExpDes.pt)
>
> dic(trat, resposta, quali = c(TRUE), mcomp = "tukey", sigT = 0.05, sigF = 0.05)
```

 Quadro da análise de variancia

	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	3	316.79	105.596	7.1504	0.0051983
Residuo	12	177.21	14.768		
Total	15	494.00			

 CV = 41.13 %

 Teste de normalidade dos residuos

valor-p: 0.3648675

De acordo com o teste de Shapiro-wilk a 5% de significancia, os residuos podem ser considerados normais.

 Teste de homogeneidade de variancia

valor-p: 0.1562403

De acordo com o teste de bartlett a 5% de significancia, as variancias podem ser consideradas homogeneas.

 Teste de Tukey

Grupos Tratamentos Medias

a	CA-CA	14.575
a	SA-CA	11.15
ab	CA-SA	9.275
b	SA-SA	2.375

 >

```
> ## _____MSR_____
```

>

```
> ## Inserindo conjunto de dados
```

```
> dados <- read.table("tccdados.txt", head=TRUE)
```

```
> dados
```

	Tratamentos	Superior	Inferior	MVA	MSA	MVR	MSR	Densidade
1	SA-SA	SA	SA	57.1	30.6	2.4	0.8	0.894
2	SA-SA	SA	SA	41.8	27.6	1.3	0.5	0.909


```

3      SA-SA      SA      SA  45.6 29.2  2.0 0.7      0.865
4      SA-SA      SA      SA  84.0 35.0  3.8 1.2      0.907
5      CA-SA      CA      SA 284.0 62.9 10.0 2.8      0.791
6      CA-SA      CA      SA 135.0 39.9  3.4 0.9      0.808
7      CA-SA      CA      SA 222.0 55.3 13.4 2.5      0.858
8      CA-SA      CA      SA 143.6 48.2 10.3 2.5      0.813
9      SA-CA      SA      CA 192.5 50.2 10.4 2.7      0.851
10     SA-CA      SA      CA 205.5 47.9  5.5 1.2      0.826
11     SA-CA      SA      CA 475.3 82.3 18.4 4.8      0.847
12     SA-CA      SA      CA 243.8 53.1 10.3 2.4      0.852
13     CA-CA      CA      CA 288.3 71.1 14.2 4.2      0.826
14     CA-CA      CA      CA 173.6 48.6 10.3 2.6      0.806
15     CA-CA      CA      CA 374.8 72.7 15.2 3.6      0.796
16     CA-CA      CA      CA 376.2 74.7 18.6 3.6      0.839

```

```
>
```

```
> trat <- as.factor(dados$Tratamentos)
```

```
> resposta <- as.numeric(dados$MSR)
```

```
> attach(dados)
```

The following objects are masked from dados (pos = 3):

Densidade, Inferior, MSA, MSR, MVA, MVR, Superior, Tratamentos

The following objects are masked from dados (pos = 4):

Densidade, Inferior, MSA, MSR, MVA, MVR, Superior, Tratamentos

The following objects are masked from dados (pos = 5):

Densidade, Inferior, MSA, MSR, MVA, MVR, Superior, Tratamentos

```
>
```

```
> ## Estatística descritivas
```

```
> # calcula a media de cada tratamento
```

```
> dados.media <- with(dados, tapply(resposta, trat, mean))
```

```
>
```

```
> # calcula o desvio padrão de cada tratamento
```

```
> dados.sd <- with(dados, tapply(resposta, trat, sd))
```

```
>
```

```
> # organiza as médias, desvio padrão em forma de tabela
```

```
> tab <- data.frame(Médias = dados.media, Desvio_padrao = dados.sd)
```

```
> tab
```

```

      Médias Desvio_padrao
CA-CA  3.500      0.6633250
CA-SA  2.175      0.8616844
SA-CA  2.775      1.4974979
SA-SA  0.800      0.2943920

```

```
>
```

```
> ## Gráfico boxplot
> boxplot(resposta ~ trat, data=dados)
>
>
> ## Teste de normalidade
> shapiro.test(resposta)
```

Shapiro-wilk normality test

```
data: resposta
W = 0.93288, p-value = 0.2707
```

```
> bartlett.test(resposta ~ trat)
```

Bartlett test of homogeneity of variances

```
data: resposta by trat
Bartlett's K-squared = 5.8899, df = 3, p-value = 0.1171
```

```
> hist(resposta)
```

```
>
> ## Análise de variância + Tukey
> require(ExpDes.pt)
>
> dic(trat, resposta, quali = c(TRUE), mcomp = "tukey", sigT = 0.05, sigF = 0.05)
```

Quadro da análise de variancia

	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	3	15.723	5.2408	5.9696	0.0099021
Residuo	12	10.535	0.8779		
Total	15	26.258			

CV = 40.52 %

Teste de normalidade dos residuos

valor-p: 0.3737089

De acordo com o teste de Shapiro-wilk a 5% de significancia, os residuos podem ser considerados normais.

Teste de homogeneidade de variancia

valor-p: 0.1170897

De acordo com o teste de bartlett a 5% de significancia, as variancias podem ser consideradas homogeneas.

 Teste de Tukey

 Grupos Tratamentos Medias

```
a      CA-CA  3.5
a      SA-CA  2.775
ab     CA-SA  2.175
b      SA-SA  0.8
```

 >

> ## _____Densidade_____

>

> ## Inserindo conjunto de dados

> dados <- read.table("tccdados.txt", head=TRUE)

> dados

	Tratamentos	Superior	Inferior	MVA	MSA	MVR	MSR	Densidade
1	SA-SA	SA	SA	57.1	30.6	2.4	0.8	0.894
2	SA-SA	SA	SA	41.8	27.6	1.3	0.5	0.909
3	SA-SA	SA	SA	45.6	29.2	2.0	0.7	0.865
4	SA-SA	SA	SA	84.0	35.0	3.8	1.2	0.907
5	CA-SA	CA	SA	284.0	62.9	10.0	2.8	0.791
6	CA-SA	CA	SA	135.0	39.9	3.4	0.9	0.808
7	CA-SA	CA	SA	222.0	55.3	13.4	2.5	0.858
8	CA-SA	CA	SA	143.6	48.2	10.3	2.5	0.813
9	SA-CA	SA	CA	192.5	50.2	10.4	2.7	0.851
10	SA-CA	SA	CA	205.5	47.9	5.5	1.2	0.826
11	SA-CA	SA	CA	475.3	82.3	18.4	4.8	0.847
12	SA-CA	SA	CA	243.8	53.1	10.3	2.4	0.852
13	CA-CA	CA	CA	288.3	71.1	14.2	4.2	0.826
14	CA-CA	CA	CA	173.6	48.6	10.3	2.6	0.806
15	CA-CA	CA	CA	374.8	72.7	15.2	3.6	0.796
16	CA-CA	CA	CA	376.2	74.7	18.6	3.6	0.839

>

> trat <- as.factor(dados\$Tratamentos)

> resposta <- as.numeric(dados\$Densidade)

> attach(dados)

The following objects are masked from dados (pos = 3):

Densidade, Inferior, MSA, MSR, MVA, MVR, Superior, Tratamentos

The following objects are masked from dados (pos = 4):

Densidade, Inferior, MSA, MSR, MVA, MVR, Superior, Tratamentos

The following objects are masked from dados (pos = 5):

Densidade, Inferior, MSA, MSR, MVA, MVR, Superior, Tratamentos

The following objects are masked from dados (pos = 6):

Densidade, Inferior, MSA, MSR, MVA, MVR, Superior, Tratamentos

```
>
> ## Estatística descritivas
> # calcula a media de cada tratamento
> dados.media <- with(dados, tapply(resposta, trat, mean))
>
> # calcula o desvio padrão de cada tratamento
> dados.sd <- with(dados, tapply(resposta, trat, sd))
>
> # organiza as médias, desvio padrão em forma de tabela
> tab <- data.frame(Médias = dados.media, Desvio_padrao = dados.sd)
> tab
      Médias Desvio_padrao
CA-CA 0.81675    0.01937997
CA-SA 0.81750    0.02859487
SA-CA 0.84400    0.01219289
SA-SA 0.89375    0.02028752
>
> ## Gráfico boxplot
> boxplot(resposta ~ trat, data=dados)
>
> ## Teste de normalidade
> shapiro.test(resposta)

      Shapiro-wilk normality test

data:  resposta
W = 0.9392, p-value = 0.3393

> bartlett.test(resposta ~ trat)

      Bartlett test of homogeneity of variances

data:  resposta by trat
Bartlett's K-squared = 1.7797, df = 3, p-value = 0.6194

> hist(resposta)
>
> ## Análise de variância + Tukey
> require(ExpDes.pt)
```

```
>
> dic(trat, resposta, quali = c(TRUE), mcomp = "tukey", sigT = 0.05, sigF = 0.05)
```

```
-----
Quadro da análise de variancia
```

```
-----
              GL          SQ          QM      Fc      Pr>Fc
Tratamento  3 0.0156635 0.0052212 11.91 0.00065579
Residuo      12 0.0052605 0.0004384
Total        15 0.0209240
-----
```

```
CV = 2.48 %
```

```
-----
Teste de normalidade dos residuos
```

```
valor-p: 0.8981569
```

```
De acordo com o teste de Shapiro-wilk a 5% de significancia, os residuos
podem ser considerados normais.
```

```
-----
Teste de homogeneidade de variancia
```

```
valor-p: 0.6193516
```

```
De acordo com o teste de bartlett a 5% de significancia, as variancias
podem ser consideradas homogeneas.
```

```
-----
Teste de Tukey
```

```
-----
Grupos Tratamentos Medias
```

```
a      SA-SA  0.89375
b      SA-CA  0.844
b      CA-SA  0.8175
b      CA-CA  0.81675
-----
```