



Ministério da Educação  
**Universidade Tecnológica Federal do Paraná**  
Campus Francisco Beltrão



***Curso de Engenharia Ambiental***

**INFLUÊNCIA DA SAZONALIDADE NA RESPIRAÇÃO BASAL MICROBIANA EM  
DIFERENTES USOS DO SOLO: ESTUDO DE CASO EM UMA ÁREA RURAL DE  
FRANCISCO BELTRÃO/PR**

JÉSSICA MAIARA VICELI

**FRANCISCO BELTRÃO**

**2017**

JÉSSICA MAIARA VICELI

**INFLUÊNCIA DA SAZONALIDADE NA RESPIRAÇÃO BASAL MICROBIANA EM  
DIFERENTES USOS DO SOLO: ESTUDO DE CASO EM UMA ÁREA RURAL DE  
FRANCISCO BELTRÃO/PR**

Projeto referente ao Trabalho de Conclusão de Curso como requisito parcial para a conclusão do Curso de Bacharelado em Engenharia Ambiental da UTFPR, Campus Francisco Beltrão.

Orientador: Prof. Dr. Davi Zacarias de Souza

FRANCISCO BELTRÃO – PR

2017



**Curso de Engenharia Ambiental**

---

**TERMO DE APROVAÇÃO**

**Trabalho de Conclusão de Curso – TCC2**

**INFLUÊNCIA DA SAZONALIDADE NA RESPIRAÇÃO BASAL MICROBIANA EM  
DIFERENTES USOS DO SOLO: ESTUDO DE CASO EM UMA ÁREA RURAL DE  
FRANCISCO BELTRÃO/PR**

por

**JÉSSICA MAIARA VICELI**

Trabalho de Conclusão de Curso 2 apresentado às 13 horas e 00 min., do dia 19 de junho de 2017, 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:

---

**Denise Andréia Szymczak**

Coordenadora do Curso de Engenharia  
Ambiental

---

**Davi Zacarias de Souza**

Professor Orientador

---

**Fernando Manosso**

Membro da Banca

---

**Suzana Costa Wrublack**

Membro da Banca

---

**Denise Andréia Szymczak**

Professora do TCC2

“A folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso”

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus, pela vida, força e coragem de enfrentar os obstáculos;

Agradeço imensamente a minha família, a qual não poupou esforços a me ajudar a chegar até aqui;

Aos meus amigos, pelo companheirismo e amizade;

Ao professor Dr. Davi, por esses três anos e meio de iniciação científica e orientação. Certamente, criamos um laço de amizade.

E em memória de meu pai, o qual me abençoa e me guarda aonde quer que esteja.

## RESUMO

VICELI, Jéssica Maiara. Influência da sazonalidade na respiração basal microbiana em diferentes usos do solo: estudo de caso em uma área rural de Francisco Beltrão/PR. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Bacharelado em Engenharia Ambiental. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Francisco Beltrão, 2017.

O solo se forma por meio das ações dos agentes atmosféricos, físicos, químicos e biológicos, sendo um dos sistemas da Terra mais complexos. A importância pela avaliação da qualidade do solo vem aumentando, por ser um indicador da qualidade do ambiente e de sua sustentabilidade. Os indicadores biológicos são sensíveis às mudanças de manejo do solo, da temperatura e da umidade, o que os tornam adequados para avaliar a qualidade de solo. A biomassa microbiana é utilizada como indicador por ser sensível às alterações, sendo que a respiração basal do solo (RBS) é a soma de todas as atividades metabólicas dos microrganismos, que reflete na produção de  $\text{CO}_2$  resultante da sua atividade respiratória e permite estudar a dinâmica dos microrganismos. Um solo que apresenta alta taxa de RBS indica maior atividade microbiana e uma decomposição acelerada do material orgânico, e o de uma taxa baixa indica pouca atividade microbiana, ou seja, deficiência na decomposição da matéria orgânica. Para a análise foi realizada a coleta de 27 amostras em três locais com uso de solo diferente: uma área com aplicação de dejetos de animais, as duas outras de plantação e de mata nativa. As amostras de solo foram incubadas com NaOH e acondicionadas por uma semana. Na abertura dos recipientes foi utilizado a solução de  $\text{BaCl}_2$  para cessar a reação e titulado com a solução de  $\text{HCl}$  para a determinação da RBS. Os maiores valores médios encontrados foram nos dejetos de animais, seguidos pela área de plantação e da mata nativa.

Palavras-chave: Qualidade do solo. Indicadores biológicos. Estações do ano.

## ABSTRACT

VICELI, Jéssica Maiara. Influência da sazonalidade na respiração basal microbiana em diferentes usos do solo: estudo de caso em uma zona rural de Francisco Beltrão/PR. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Bacharelado em Engenharia Ambiental. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Francisco Beltrão, 2017.

The soil is formed by the actions of the atmospheric, physical, chemical and biological agents, being one of Earth's systems more complex. The importance of evaluating soil quality has been increasing because it is an indicator of the quality of the environment and its sustainability. Biological indicators are sensitive to changes in soil, temperature and humidity management, which make them suitable for evaluating soil quality. Microbial biomass is used as an indicator because it is sensitive to changes, and soil basal respiration (RBS) is the sum of all metabolic activities of microorganisms, which reflects in the CO<sub>2</sub> production resulting from its respiratory activity and allows the study of the dynamics of microorganisms. A soil with a high RBS rate indicates greater microbial activity and an accelerated decomposition of the organic material, and a low rate indicates little microbial activity, that is, deficiency in the decomposition of organic matter. For the analysis, 27 samples were collected at three sites with different soil use: one area with the application of animal waste, the other two from plantation and native forest. The soil samples were incubated with NaOH and conditioned for one week. At the opening of the containers the BaCl<sub>2</sub> solution was used to stop the reaction and titrated with the HCl solution for the determination of RBS. The highest values were found in the animal waste, followed by the plantation area and the native forest.

Keywords: Soil quality. Biological indicators. Seasons.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1.</b> Localização das áreas de coleta dos solos.....	<b>21</b>
<b>Figura 2.</b> Mapa de precipitação média no mês de julho/2016.....	<b>38</b>
<b>Figura 3.</b> Mapa de temperatura média no mês de julho/2016.....	<b>38</b>
<b>Figura 4.</b> Mapa de precipitação média no mês de novembro/2016.....	<b>39</b>
<b>Figura 5.</b> Mapa de temperatura média no mês de novembro/2016 .....	<b>39</b>
<b>Figura 6.</b> Mapa de precipitação média no mês de fevereiro/2017.....	<b>40</b>
<b>Figura 7.</b> Mapa de temperatura média no mês de fevereiro/2017 .....	<b>40</b>
<b>Figura 8.</b> Mapa de precipitação média no mês de abril/2017.....	<b>41</b>
<b>Figura 9.</b> Mapa de temperatura média no mês de abril/2017 .....	<b>41</b>

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Média das variantes ambientais de Francisco Beltrão, do ano de 1974 a 2016.....	<b>22</b>
<b>Tabela 2.</b> Valores referentes as amostras de solo.....	<b>27</b>
<b>Tabela 3.</b> Análise de variância e teste de Tukey dos dados obtidos.....	<b>30</b>



## LISTA DE SIGLAS

BaCl<sub>2</sub> - Cloreto de bário

BMS - Biomassa microbiana do solo

C – Carbono

Ca - Cálcio

CTC - Capacidade de troca de cátions

CO<sub>2</sub> - Dióxido de carbono

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

HCl - Ácido clorídrico

IAPAR - Instituto Agronômico do Paraná

RBS - Respiração basal do solo

NaOH - Hidróxido de sódio

N - Nitrogênio

O – Gás oxigênio

P - Fósforo

pH - Potencial hidrogeniônico

UTFPR - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>2 OBJETIVO .....</b>	<b>13</b>
<b>2.1 Objetivo Geral.....</b>	<b>13</b>
<b>2.2 Objetivos Específicos.....</b>	<b>13</b>
<b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>14</b>
<b>3.1 Solo .....</b>	<b>14</b>
<b>3.2 Qualidade do Solo.....</b>	<b>15</b>
<b>3.3 Indicadores Biológicos do Solo.....</b>	<b>18</b>
<b>3.4 Respiração Basal do Solo .....</b>	<b>19</b>
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>21</b>
<b>4.1 Caracterização da Área em Estudo .....</b>	<b>21</b>
<b>4.2 Coleta das Amostras de Solo e Classificação.....</b>	<b>23</b>
<b>4.3 Amostragem do Solo .....</b>	<b>24</b>
<b>4.4 Análise do Solo .....</b>	<b>24</b>
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>26</b>
<b>5.1 Área de Dejetos de Animais .....</b>	<b>27</b>
<b>5.2 Área de Plantação .....</b>	<b>28</b>
<b>5.3 Área de Mata Nativa .....</b>	<b>29</b>
<b>5.4 Análise Estatística e Quimiométrica.....</b>	<b>29</b>
<b>6 CONCLUSÕES.....</b>	<b>31</b>
<b>7 REFERÊNCIAS.....</b>	<b>32</b>
<b>ANEXO A.....</b>	<b>38</b>
<b>ANEXO B.....</b>	<b>39</b>
<b>ANEXO C.....</b>	<b>40</b>
<b>ANEXO D.....</b>	<b>41</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O solo é o recurso natural básico da vida humana, possuindo inúmeras espécies de animais, vegetais e microrganismos. É nele que estão as casas, prédios e de onde provém, direta ou indiretamente, nossa alimentação.

O solo começou a ser utilizado ainda na pré-história, quando certos povos perceberem que algumas sementes que caíam de frutas das quais eram colhidas para alimentação, podiam crescer e gerar novas árvores, assim iniciou o processo de plantação, em que os povos nômades começaram a se fixar com a construção de casas e a plantar os alimentos para própria sobrevivência.

Atualmente com o avanço da tecnologia e o desenvolvimento de novas máquinas para o uso na agricultura, a prática do plantio se tornou mais frequente e fácil de ser executada, se tornando fator econômico em muitas cidades. Com esse benefício econômico, as pessoas começaram a cuidar melhor do solo, de tal modo que para o plantio dos alimentos, especialmente aqueles que serão comercializados, os produtores procuram conhecer o solo em que irão plantar, analisando a presença de nutrientes, e perceber a necessidade de adicionar fertilizante ou corrigir, por exemplo, o pH (potencial hidrogeniônico) do solo, à procura do aumento na produtividade das plantações.

Por meio da busca desse conhecimento, tem entendido melhor os solos em seus atributos, composição, funcionamento, gênese e evolução. Pois cada solo possui certa variedade de nutrientes, matéria orgânica e microrganismos, deste modo é necessário manter as propriedades químicas, físicas e biológicas do solo, para que o mesmo se mantenha fértil e com boa qualidade.

As propriedades químicas dos solos podem ser mantidas, como por exemplo, com o uso da rotação de culturas, que ao mesmo tempo em que algumas plantas retiram alguns nutrientes, essas mesmas recolocam outros, como nitrogênio (N), fósforo (P) e cálcio (Ca) que são necessários para o crescimento e produção das plantas. Uma das interferências nas propriedades químicas do solo mais utilizadas, é a correção do pH, em que normalmente é feito com o calcário (carbonato de cálcio), em que o valor do pH permaneça na faixa de 5,5 a 6,5, sendo esses valores mais utilizados nas plantações, porém podendo variar de acordo com a espécie de planta inserida no local.

O uso de técnicas não apropriadas pode causar a degradação física dos solos, como o uso de plantio convencional em que é feito o revolvimento do solo, que o deixa exposto e sujeito a erosões, tendo como consequência o arraste da camada superficial, ou seja, a mais fértil, devido a maior quantidade de matéria orgânica ali presente. Outra técnica que degrada o solo é o sistema de pastagem, em que há a compactação do solo devido ao pisoteio dos animais, fazendo com que a capacidade de retenção da água diminua e aumente o escoamento superficial do solo, causando erosões e assoreamento dos rios.

Por último a propriedade biológica do solo que corresponde à degradação realizada pelos microrganismos da matéria orgânica, a qual é formada por folhas, galhos, minerais, restos de plantas e animais, e se transformam em nutrientes, estoque de água, gás carbônico e minerais para as plantas. A presença da atividade microbiana pode proteger as plantas de agentes patógenos, já que quanto mais nutrientes, mais resistente a planta se torna, e melhora as propriedades físicas do solo, como o aumento da aeração, feito mormente por minhocas, deixando mais poros abertos para a água e para o ar no solo.

A presença de matéria orgânica no ambiente controla a concentração de microrganismos, pois representa especialmente seu reservatório de energia, gerando a atividade metabólica e naturalmente a liberação de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ). O  $\text{CO}_2$  é emitido devido a respiração microbiana, assim, quanto maior a atividade metabólica desses organismos, maior é a liberação do  $\text{CO}_2$ .

A respiração basal microbiana é um dos parâmetros avaliados na qualidade do solo, correspondendo a dinâmica desses agentes decompositores, os quais se tornam indicadores da qualidade do ambiente devido a influencia que sofrem por agentes externos.

A atividade desses microrganismos é influenciada especialmente pelas variações sazonais de temperatura e umidade, pelo manejo e cultivo do solo, e pelos resíduos vegetais. As temperaturas extremas são mortais para a maioria dos microrganismos e em temperaturas baixas, os microrganismos tendem a diminuir sua atividade metabólica. Assim como também a umidade, se for excessiva ou baixa, há o declínio dessa comunidade de animais, portanto procura-se manter as relações em situação ótima para a microbiota existente, com a presença da cobertura vegetal e, conseqüente, matéria orgânica.

## **2 OBJETIVO**

### **2.1 Objetivo Geral**

Determinar a influência da sazonalidade na respiração basal microbiana do solo em uma área rural de Francisco Beltrão/PR.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Classificar o tipo de solo no local estudado por meio de cartas de solo;
- Determinar a respiração basal do solo em diferentes usos de solo;
- Correlacionar a respiração basal do solo em diferentes usos de solo e pela influência das estações do ano;

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Solo

A formação dos solos não acontece de forma homogênea ao longo do tempo e seu processo pode acontecer de centenas a milhares de anos, por isso a preocupação em protegê-lo (BERNER, 2007). Este processo de formação é chamado de pedogênese e ocorre devido a ação do intemperismo - ações dos agentes atmosféricos, físicos, químicos e biológicos - responsável pela decomposição de uma rocha original (rocha mãe) e seus minerais. Isto leva a rocha à sua gradativa modificação, dando origem ao material que compõe os solos, podendo ser definido como uma combinação de materiais orgânicos e inorgânicos (SODRÉ, 2001; RONQUIM, 2010).

O solo é a parte da superfície o globo terrestre, é o que cobre as rochas e sustenta a vida animal e vegetal na Terra (ZIMBACK, 2003), sendo um dos sistemas biológicos da Terra mais complexos e ainda não totalmente entendido (WINK, 2005). Esse recurso natural é essencial para o desempenho do ecossistema terrestre, e representa uma avaliação entre os fatores físicos, químicos e biológicos do ambiente (ARAÚJO, 2007).

Os solos possuem fases de formação, por isso são divididos em horizontes os quais determinam o desenvolvimento de cada fase do solo. No horizonte O encontra-se o reservatório da matéria orgânica, ou seja, é a camada superficial do solo, no horizonte A1 se encontra o material orgânico parcialmente decomposto, já o horizonte A2 é onde se localiza os minerais a serem dissolvidos pela água, no horizonte B há pouca presença do material orgânico, o horizonte C em que o material modificado é semelhante com a rocha matriz e por último horizonte E que é o solo menos evoluído, apresentando-se a rocha não alterada (PEQUENO, 2001).

Além dos horizontes o solo é constituído por três fases principais, a sólida, líquida e gasosa. A parte sólida é formada por minerais e pela matéria orgânica, a parte líquida é utilizada para a análise da solução do solo e a gasosa que é representada pelo o ar presente no solo (REINERT, 2006).

A composição dos minerais é decisiva no comportamento físico e químico do solo, já que apresentam alto grau de intemperização e representam as propriedades desejáveis para o caso da agricultura, como profundidade, estrutura estável, porosidade e permeabilidade. Entretanto, também apresentam algumas

propriedades indesejáveis para agricultura, como alta acidez, baixa reserva de nutriente e baixa capacidade de troca catiônica (FONTES, 2001).

Não demonstrando importância apenas na produção agrícola, mas também sua participação é fundamental em funções específicas no ecossistema como, por exemplo, a sustentabilidade do ambiente a longo prazo (D'ANDRÉA, 2002). O qual é resultante da interação entre o clima, relevo, organismos, tempo e de ações pedogenéticas como a adição, remoção, transformação e transporte dos materiais que formam a paisagem (JUNIOR, 2011).

A vegetação determina em grande parte o estabelecimento da comunidade da fauna de solo (CORREIA, 2006), e está relacionado intimamente com a matéria orgânica já que essa advém dos restos animais e vegetais. A vegetação recobre o solo e sofre interações com os fatores abióticos e com as atividades humanas, se tornando um parâmetro de indicação da qualidade e da preservação ambiental (CHAVES, 2008). A vegetação apresenta uma grande quantidade de biomassa, o qual está relacionado com as características do solo (MANTOVANI, 1998). A biomassa está em constante renovação e obtém energia da matéria orgânica, assim age como fonte de nutrientes necessários ao desenvolvimento das plantas (FERREIRA, 2007).

As plantas além de consumirem água, oxigênio e gás carbônico elas retiram do solo quinze elementos essenciais à vida, deste modo é fundamental que todos esses elementos estejam presentes no solo em quantidades e formas adequadas, assim pode-se dizer que o solo apresenta-se fértil (LEPSCH, 2002), esse solo não pode possuir de materiais tóxicos e apresentar propriedades físicas e químicas que atendam a necessidade dos vegetais (RONQUIM, 2010).

### **3.2 Qualidade do Solo**

Uma das maiores preocupações atuais é o uso sustentável dos recursos naturais, que de acordo com Araújo (2007) são especialmente o solo e a água, em razão do aumento das atividades antrópicas, visto que a qualidade do solo está relacionada a manter ou melhorar a qualidade ambiental e contribuir para a saúde das plantas, dos animais e humana.

E para que as pessoas possam viver melhor, segundo Bertoni (2012), é necessária uma variedade de tipos de solo, pois quanto mais variado os solos mais

diversificados são as plantações em uma mesma área. Para que isso ocorra, é necessário que se conheça o solo, que de acordo com Primavesi (2002) o mesmo se modifica constantemente, devido a agentes externos e internos, conhecendo-o, seu manejo não se torna difícil e a qualidade do solo tende a melhorar. E para não o deixar suscetível a degradação devido ao seu uso irracional, é recomendado que seja feita uma avaliação do seu potencial para que o mesmo não sofra implicações futuras (LEONARDO, 2003).

A importância pela avaliação da qualidade do solo vem aumentando, pois o solo não é apenas importante para a produção de alimentos, mas é um componente importante da biosfera e também na manutenção da qualidade ambiental (BARROS, 2010). Um dos desafios atuais da pesquisa é como avaliar a qualidade de um solo de maneira simples e confiável (ARAÚJO, 2007). Para Costa (2006) medir a qualidade do solo não é fácil pelo fato de que cada solo apresenta suas próprias características, como as interações com o ecossistema. No entanto, em um sentido mais amplo, o solo não deve apresentar apenas alta fertilidade, mas também possuir boa estruturação e abrigar uma boa diversidade de organismos (ZILLI, 2003).

Dentre esses motivos é essencial ter o cuidado com o uso do solo, como a utilização de técnicas de plantação inapropriadas, como o uso do sistema de plantio convencional, que já foi bastante difundido e empregado. Esse sistema prejudica o solo, pois na área de plantação é feita o revolvimento do solo, que o deixa exposto e suscetível à erosão, causando sua degradação e arraste da sua parte superficial, sendo esta a parte mais fértil em virtude da presença da matéria orgânica (BERTOL, 2000).

Já em contrapartida, tem-se o sistema de plantio direto em que o solo não sofre tanto quanto no plantio convencional, já que o mesmo não é revolvido e há o aumento da permeabilidade, portanto são mantidos as suas propriedades estruturais, tendo o risco da erosão diminuído. E quando da colheita, os resíduos culturais servem ainda como barreira física do escoamento superficial, diminuindo sua velocidade e, por conseguinte, sua capacidade erosiva (VOLK, 2004).

Uma das técnicas utilizadas no plantio direto é a rotação de culturas, em que o solo troca de nutrientes com as plantas ali presentes, como matéria orgânica, fósforo, potássio, cálcio e magnésio da camada superficial do solo (SILVA, 2002), e também com a plantação de espécies de leguminosas, que fazem a fixação de nitrogênio no solo, que é essencial ao crescimento das plantas.



Assim, a qualidade do solo pode ser avaliada analisando a capacidade do solo em prover nutrientes necessários para as plantas, tolerar o crescimento e desenvolvimento de raízes com espaço. Como também, proporcionar uma adequada atividade biológica com a presença de uma cobertura vegetal e com consequência aumentar a quantidade de matéria orgânica, e assegurar uma estabilidade estrutural do solo, evitando erosões e compactações do mesmo (CASALINHO, 2007).

A avaliação da qualidade do solo, segundo Costa (2006) é um indicador da qualidade do ambiente e de sua sustentabilidade da produção agrícola ou florestal e para ser avaliada são utilizados indicadores químicos, físicos e biológicos, que são identificados e analisados quanto à sua sensibilidade a mudanças e distúrbios causados ao solo, e complementado por Vezzani (2009), é a integração desses três indicadores que capacita o solo a exercer suas funções com perfeição.

O monitoramento da qualidade do solo pelos indicadores físicos é importante para manutenção e para avaliação de sua sustentabilidade, pois possui relação com os processos hidrológicos, como a taxa de infiltração, o escoamento superficial, a drenagem e a erosão (SILVA, 2011). Os principais indicadores do ponto de vista agrícola estão a textura, a estrutura, a resistência à penetração, capacidade de água disponível e sistema de cultivo, e têm como principal função o suprimento e armazenamento de água, de nutrientes e de oxigênio no solo (GOMES, 2006).

A análise química do solo é utilizada como instrumento de diagnóstico da fertilidade do solo, é amplamente usada para a necessidade do uso de corretivos e de fertilizantes do solo. A informação sobre a análise química é transferida aos agricultores, possibilitando a obtenção de rendimentos econômicos, já que não há gastos sem necessidade, e a análise química do solo também é utilizada no monitoramento de poluição de solos (SILVA, 2009). Há outras propriedades para a análise química de um solo, são essas o pH, a capacidade de troca de cátions (CTC), a salinidade e o teor percentual da quantidade de matéria orgânica (SCHMITZ, 2002).

As propriedades biológicas do solo estão relacionadas à biomassa microbiana. De acordo com Trannin (2007), a biomassa microbiana é a responsável pela degradação dos compostos orgânicos, que também está encarregada da ciclagem de nutrientes e pela movimentação da energia do solo, por tanto a sua atividade tem sido indicada como uma das características mais sensíveis às

alterações na qualidade do solo. Em ações como a preservação da produtividade dos sistemas florestais e agrícolas, é necessário o processo de transformação da matéria orgânica, ou seja, precisa da participação da atividade microbiana do solo (NEVES, 2009).

### **3.3 Indicadores Biológicos do Solo**

O conceito de indicador biológico é definido como a presença ou ausência de uma espécie de planta ou de animal em um local, sendo essa sensível às mudanças ambientais ocorridas na área (ZILLI, 2003), portanto através dessas alterações na população e na sua atividade, e também em poder sentir mudanças nas propriedades químicas e físicas do solo, os microrganismos demonstram indício de melhoria ou de degradação do solo (ARAÚJO, 2007).

Com a contínua mudança do uso da terra e de práticas de manejo, a matéria orgânica do solo passa por diferentes períodos de ciclagem e por isso a sua variação no solo não pode ser baseada apenas no teor de carbono orgânico, porque a resposta da parte que contém a biomassa microbiana, se modifica rapidamente (GAMA-RODRIGUES, 2005), e essa mudança na biomassa pode indicar efeitos de produtos estranhos (xenobióticos) no solo (ANDRÉA, 2000), podendo não representar a verdadeira quantidade da comunidade microbiana ali existente.

Com a necessidade de conseguir bioindicadores sensíveis a mudanças provocadas pelo manejo do solo e que sofressem maior influência que os indicadores químicos e físicos, motivou estudos no desenvolvimento da pesquisa na área da biologia do solo no Brasil. Estes estudos buscaram índices que avaliasse a qualidade do solo com uma avaliação associada aos parâmetros físicos, químicos e biológicos do solo (SILVA, 2007). Assim, propagou-se a utilização de microrganismos como indicador de qualidade do solo.

Considerando a importância dos atributos biológicos para os processos que ocorrem no solo, verifica-se que estudos a respeito da quantidade e atividade da biomassa microbiana podem fornecer subsídios para o planejamento do uso correto do solo (D'ANDRÉA, 2002). Sendo que a biomassa microbiana do solo (BMS) é um compartimento da matéria orgânica do solo, sendo essa influenciada por fatores bióticos e abióticos, e pela quantidade e a qualidade dos resíduos vegetais (SOUZA, 2010).

Tendo em vista a sensibilidade dos indicadores biológicos às mudanças de manejo do solo, são considerados adequados para avaliar a qualidade de solo, entretanto, devem ser facilmente quantificados e seus efeitos de fácil interpretação para que não haja equívocos no resultado (LIMA, 2007).

O uso desse parâmetro como indicador de qualidade pode ser comprometido, uma vez que a abundância e a atividade dos microrganismos são muito suscetíveis às variações sazonais, como temperatura e umidade (ZILLI, 2003), assim como são influenciados pelas culturas de cobertura e manejo do solo, e das épocas em que ocorre a amostragem (SILVA, 2007).

### **3.4 Respiração Basal do Solo**

A respiração basal do solo (RBS) é a somatória de todas as atividades metabólicas em que se forma o CO<sub>2</sub> (SILVA, 2007). A respiração microbiana representa a oxidação da matéria orgânica por microrganismos aeróbios do solo, que utilizam o oxigênio (O<sub>2</sub>) como acceptor final de elétrons até a formação do CO<sub>2</sub> (SCHMITZ, 2003). A respiração depende do estado fisiológico da célula microbiana, a qual é influenciada por fatores de condição do solo, como a umidade, a temperatura, a estrutura, a disponibilidade de nutrientes, a textura, a relação carbono e nitrogênio e a presença de resíduos orgânicos (SILVA, 2010).

A matéria orgânica do solo representa o principal reservatório de energia para os microrganismos e de nutrientes para as plantas. A biomassa microbiana é a parte viva da matéria orgânica, sendo formada por bactérias, fungos, actinomicetos, protozoários e algas, contudo sofre influencia das variações sazonais, como a umidade, a temperatura, pelo manejo do solo, pelo cultivo e também pelos resíduos vegetais (PEREZ, 2004). Os microrganismos ocupam cerca de 5% dos poros do solo e a sua ocorrência em um determinado solo expressa sua reação às condições ambientais (SILVA, 2004).

A biomassa microbiana é utilizada como indicador ao uso do solo e é considerada o centro do ciclo do carbono (C). O carbono no solo sofre duas formas de transformação, pela fixação do dióxido de carbono atmosférico que é realizada pelos organismos fotossintéticos e a fase da regeneração que é a decomposição dos resíduos orgânicos pela ação da microbiota do solo (PULROLNIK, 2009).

A população microbiana do solo é um agente ativo na decomposição de resíduos, utilizando-os como fonte de energia e nutrientes para a formação e reprodução celular (MENDONZA, 2000). A atividade microbiana do solo é influenciada pela presença de raízes e materiais orgânicos em decomposição, os quais se concentram nas primeiras camadas do solo (ARAÚJO, 2007). É com a degradação dos resíduos vegetais e animais no solo, que o carbono é reciclado para a atmosfera em forma de dióxido de carbono (CORREIA, 2006).

A temperatura é um fator determinante na atividade dos microrganismos do solo, pois atinge diretamente a fisiologia dos microrganismos (LEITE, 2007). A faixa de temperatura que causa maior degradação, já que há vários tipos de microrganismos, é entre 25 a 35 °C (JACQUES, 2007), sendo que em baixas temperaturas os microrganismos tendem a diminuir sua atividade metabólica (MANO, 2002).

Os microrganismos respondem rapidamente a mudanças nas condições do solo após longos períodos de baixa atividade (ARAÚJO, 2007). Os diferentes métodos de preparo de solo afetam as taxas metabólicas dos microrganismos e provocam alterações nos fatores, como a forma como os resíduos das culturas anteriores são depositados, o grau de revolvimento do solo, o processo de decomposição dos resíduos vegetais e de matéria orgânica no solo (VARGAS, 2000).

A determinação da atividade biológica pode ser feita pela taxa de respiração do solo, sendo que uma taxa alta indica maior atividade microbiana e uma decomposição acelerada do material orgânico e, por conseguinte mais nutrientes são liberados para as plantas (MARQUES, 2000). Em contrapartida uma baixa taxa indica baixa atividade microbiana, e tendo como consequência, uma quantidade insuficiente de nutrientes no solo.

Com o tempo a velocidade de liberação de CO<sub>2</sub> diminui, pois os organismos tendem a ser seletivos, e decompõem as substâncias mais fáceis de forma rápida e depois as que são mais difíceis de ser decompostas (PULROLNIK, 2009).

A quantidade de carbono orgânico e a evolução de CO<sub>2</sub> permitem estudar a dinâmica dos microrganismos, a matéria orgânica e a ciclagem de nutrientes (MENDONZA, 2000).

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Caracterização da Área em Estudo

Na região Sul são encontradas as temperaturas mais baixas e o clima mais chuvoso do Brasil, sendo caracterizado pela diversidade de vegetação como os Pampas Gaúcho e a Mata de Araucárias. O Paraná, segundo a classificação de Köppen, possui clima do tipo Cfa (Clima subtropical) e Cfb (Clima temperado) e com precipitação média de 1200 mm a 3500 mm, sem estação de seca e com chuvas distribuídas ao longo do ano.

Francisco Beltrão é um município do sudoeste do Paraná, com área aproximada de 719,2 km<sup>2</sup>. Possui clima predominante, também de acordo com a classificação de Köppen, subtropical. As chuvas são bem distribuídas durante o ano e os verões são quentes, a precipitação varia de 2000 a 2500 mm. O solo é classificado basicamente de Latossolo Distrófico Roxo de textura argilosa.

A coleta do material foi realizada no interior de Francisco Beltrão, em que se analisou a liberação do dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) em três diferentes usos de solo (figura 1), levando em consideração a estação do ano da coleta das amostras, para analisar a sensibilidade do solo em cada estação.

**Figura 1.** Localização das áreas de coleta dos solos



Fonte: Google Earth, 2017.

De acordo com a tabela 1, que apresenta as médias de temperatura, precipitação, evaporação, umidade e insolação da cidade de Francisco Beltrão, entre os anos de 1974 a 2016, é possível identificar as médias de acordo com as estações do ano, principalmente da temperatura e umidade, já que os microrganismos tendem a ser mais sensíveis com esses dois parâmetros.

Nos meses de janeiro a março, podendo ser definido como verão, e apresenta média de precipitação de 165,8 mm, de temperatura máxima de 29,8 °C e com mínima de 17,9 °C. Com o outono acentuado nos meses de abril a junho, possui média de precipitação de 174,9 mm, de temperatura máxima de 23,1 °C e com mínima de 11,4 °C. Já a estação do inverno acontece nos meses de julho a setembro com média de precipitação de 139,8 mm, de temperatura máxima de 22,9 °C e com mínima de 10,4 °C. E como última estação a primavera, nos meses de outubro a dezembro, apresentando média de precipitação de 202,5 mm, de temperatura máxima de 28,3 °C e com mínima de 16,1 °C.

**Tabela 1.** Média das variantes ambientais de Francisco Beltrão, do ano de 1974 a 2016

	Temperatura (°C)		Precipitação (mm)		Evap. (mm)	Umid. (%)	Insol. (h)
	Máxima	Mínima	Total	Máx. 24h			
<b>Jan</b>	30,2	18,5	188,8	146,8	79,1	74	219,7
<b>Fev</b>	29,9	18,4	173,0	131,0	64,0	77	192,9
<b>Mar</b>	29,2	17,0	141,8	98,4	71,1	76	214,3
<b>Abr</b>	26,2	14,2	167,6	178,0	59,4	78	188,6
<b>Mai</b>	22,3	10,7	186,5	176,5	48,3	81	171,0
<b>Jun</b>	20,7	9,3	167,3	183,6	43,0	81	145,6
<b>Jul</b>	21,1	9,0	137,7	137,8	60,0	77	172,8
<b>Ago</b>	23,4	10,3	111,1	152,0	77,8	71	193,2
<b>Set</b>	24,4	11,9	165,2	116,0	79,8	70	182,0
<b>Out</b>	26,8	14,6	251,7	113,2	83,1	71	201,0
<b>Nov</b>	28,4	15,9	178,1	137,0	88,3	69	224,3
<b>Dez</b>	29,6	17,7	177,5	117,0	87,6	72	225,7

**Legenda:** Evap: evaporação (mm); Umid: umidade relativa do ar (%); Insol: insolação (h).

**Fonte:** IAPAR, 2017.

## 4.2 Coleta das Amostras de Solo e Classificação

A área com dejetos de animais se encontra em torno de 10 m da margem do Rio Erval, com a utilização do GPS com precisão de aproximadamente 3 m, foi possível retirar as coordenadas do local, sendo 22J0286498, UTM 7118295, possuindo uma altitude de 496 m. O solo foi classificado através de uma carta de solos, como Litossolo Vermelho, com estrutura granular muito fino, com cor 10r 3/3.

Já a área de plantação, apresentou as coordenadas 222J0286446, UTM 71188168, como uma altitude de 581 m com uma distância aproximada de 25 m do Rio Erval. A classificação do solo foi de Latossolo com estrutura granular muito fino com cor 7,5r 3/4. E por último, a área de mata nativa que obtendo como coordenadas 22J0285730, UTM 7118552, havendo uma altitude de 597 m ficando aproximadamente 40 m distante do Rio Erval. O solo foi classificado como Argiloso com estrutura granular fina com cor 2,5yr 2,5/3.

A coleta da amostra de solo no inverno ocorreu na manhã no dia 04 de julho de 2016, em uma semana de sol, porém com temperaturas baixas e com presença geadas no mês anterior (maio). O mês de julho apresenta uma média de precipitação anual para o município de Francisco Beltrão, segundo a IAPAR, de 125 a 150 mm de chuva no mês e com temperatura média de 14 a 15 °C (Anexo A).

Já a coleta da primavera ocorreu na manhã do dia 18 de novembro de 2016, sendo um dia quente. O mês de novembro apresenta uma média de precipitação anual para o município de Francisco Beltrão, segundo a IAPAR, de 175 a 200 mm de chuva no mês e com temperatura média de 21 a 22 °C (Anexo B).

A coleta de verão ocorreu na manhã do dia 20 de fevereiro de 2017, sendo um dia bem quente e subsequente a uma semana quente. O mês de fevereiro apresenta uma média de precipitação anual para o município de Francisco Beltrão, segundo a IAPAR, de 175 a 200 mm de chuva no mês e com temperatura média de 22 a 23 °C (Anexo C).

Na coleta de outono ocorreu na tarde do dia 24 de abril de 2017, em uma semana de sol que sucedeu uma frente fria. O mês de abril apresenta uma média de precipitação anual para o município de Francisco Beltrão, segundo a IAPAR, de 125 a 150 mm de chuva no mês e com temperatura média de 19 a 20 °C (Anexo D).

### 4.3 Amostragem do Solo

Foram coletadas amostras em três tipos de uso de solo diferente próximo a margem do Rio Erval, para evitar efeitos de topografia. As áreas são em solo com presença de dejetos de animais, em plantação com plantio direto e em mata fechada de araucária. A amostragem foi realizada na forma de transecto (zig zag) com espaçamento de cada ponto de aproximadamente 1 m. De cada tipo de solo, foi coletada nove amostras com profundidade de 10 a 15 cm, pois a respiração microbiana diminui com a profundidade do solo devido à relação com a matéria orgânica (ARAÚJO, 2007). As amostras foram colocadas em sacos plásticos identificados e transportadas até o laboratório da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) campus Francisco Beltrão, para a realização da análise da respiração basal do solo.

Segundo Silva (2007) recomenda-se que após a coleta do solo, o mesmo deve ser analisado em no máximo 10 dias para que suas propriedades de interesse não sejam alteradas, assim sendo, as amostras foram sempre analisadas um dia após a coleta, nesse período, as amostras ficaram refrigeradas em temperatura aproximada de 10 °C, assim os microrganismos tendem a diminuir sua atividade metabólica, que de acordo com Mano (2002) quanto mais baixa a temperatura de armazenamento, se torna prolongada a fase de latência, ou seja, o microrganismo continua vivo, mas não manifesta suas condições de vida.

Na realização da análise, os sacos plásticos foram abertos minutos antes, para que a temperatura do solo se tornasse a mesma do ambiente, assim os microrganismos retomam a sua atividade metabólica e liberam novamente o dióxido de carbono.

### 4.4 Análise do Solo

O solo foi peneirado em malha de 2,0 mm para a retirada de materiais mais grosseiros como folhas, pedaços de madeiras e pedras, e pesado 40 g das amostras na balança analítica e os quais foram colocados em potes de plástico translúcido de 1 L, acompanhados de 10 mL de solução de hidróxido de sódio (NaOH) 1,0 M em pequenos béckeres para que houvesse a captura do CO<sub>2</sub> liberado. Também foram armazenadas em 3 potes, 10 mL de solução de hidróxido de sódio 1,0 M, sem



presença de solo (amostras em branco), para a verificação de interferência no procedimento analítico. Os recipientes foram fechados hermeticamente com a ajuda de filme plástico e as amostras ficaram acondicionadas por uma semana.

Na abertura das amostras, foi utilizado imediatamente 2,0 mL solução de cloreto de bário ( $BaCl_2$ ) 1 % para cessar a reação sob o hidróxido de sódio, fazendo com que o  $CO_2$  precipitasse, e adicionado 02 a 03 gotas de fenolftaleína 1,0% para a observação do ponto de viragem da amostra, que foi titulada com a solução de ácido clorídrico ( $HCl$ ) 0,5 M com o auxílio de um agitador magnético. A mudança de cor ocorreu de rosa para incolor.

Após ocorrido procedimento das amostras (pós uma semana), o solo foi seco na estufa por 24 horas em 65 °C, para efeito de cálculo. Para a determinação da respiração basal do solo, foi utilizada a fórmula 1 (SILVA, 2007).

$$RBS = \frac{\frac{(Vb - Va) * M * 6 * 1000}{Ps}}{T} \quad (1)$$

Em que a RBS é o carbono oriundo da respiração basal do solo; Vb (mL) é o volume do ácido clorídrico gasto na titulação da solução controle (branco); Va (mL) é o volume gasto na titulação da amostra; M é a molaridade exata do ácido clorídrico; Ps (g) é a massa do solo seca e T é o tempo de incubação da amostra em horas. O resultado da respiração microbiana é dado pela unidade mg de C- $CO_2$  g  $Kg^{-1}h$ .

#### 4.5 Análise Estatística

Para a análise dos dados obtidos usou-se do Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), utilizando da fórmula do Teste Q, para identificar possíveis rejeição dos resultados, com a fórmula 2, com 95% de confiança.

$$Q = \frac{|Valor\ suspeito - Valor\ mais\ próximo|}{|Valor\ máximo - Valor\ mínimo|} \quad (2)$$

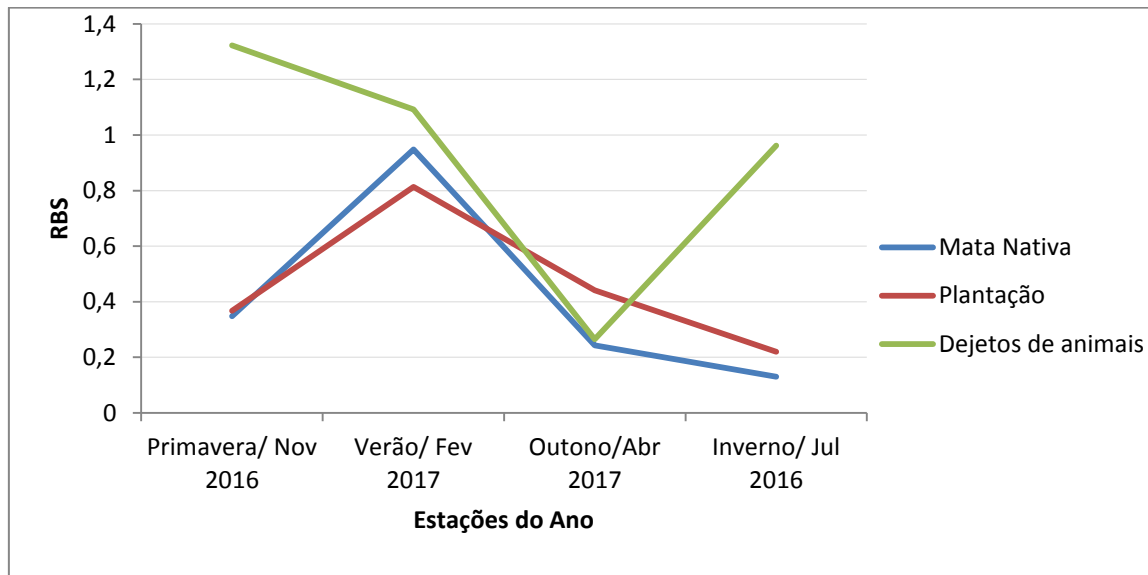
Utilizou-se do software R Studio, com três e quatro tratamentos e uma variável resposta com nove repetições, através do qual, fez-se a análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey ao nível de 5%.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A medição da respiração microbiana é uma forma de estimar o nível de atividade dos microrganismos do solo, a qual reflete a velocidade de decomposição da matéria orgânica do solo ou de algum material que foi adicionado nele (SEVERINO, 2004), pois os microrganismos são sensíveis às mudanças nas formas de carbono orgânico do solo em função das transformações que ocorre no manejo e no uso do solo (FIALHO, 2006).

No gráfico 1, são apresentados os valores médios de respiração basal do solo de acordo com as quatro estações do ano.

**Gráfico 1.** Valores médios de respiração basal do solo relacionado a sazonalidade



**Fonte.** Autoria própria, 2017.

Na tabela 2, é possível identificar os valores médios, mínimo, máximo e desvio padrão dos resultados obtidos nas amostras de solo, em cada estação do ano de acordo com cada local da coleta.

**Tabela 2.** Valores referentes as amostras de solo

	Inverno				Primavera				Verão				Outono			
	MD	MI	MA	DS	MD	MI	MA	DS	MD	MI	MA	DS	MD	MI	MA	DS
<b>D</b>	1,32	0,50	2,42	0,87	1,32	0,50	1,74	0,68	1,09	0,92	1,34	0,14	0,26	0,06	0,43	0,14
<b>P</b>	0,36	0,21	0,48	0,18	0,36	0,21	0,48	0,10	0,81	0,61	0,94	0,13	0,44	0,07	0,62	0,24
<b>M</b>	0,34	0,10	0,43	0,07	0,34	0,10	0,49	0,15	0,94	0,38	1,48	0,34	0,24	0,07	0,50	0,14

**Legenda.** MD: Média; MI: Mínima; MA: Máxima; DS: Desvio padrão; D: Área de dejetos de animais; P: Área de plantação; M: Mata nativa; Unidade: mg de C-CO<sub>2</sub> g Kg<sup>-1</sup>h.

### 5.1 Área de Dejetos de Animais

Esperava-se que a área e dejetos de animais obtivesse a menor taxa de liberação, pois de acordo com Barros (2005), o uso não correto dos dejetos de suínos pode trazer efeitos venenosos ao solo, como exemplo, o preenchimento dos macroporos, causando o selamento superficial que dificulta a infiltração de água e a troca de gases entre a atmosfera e o solo. Porém, foi o uso de solo com maior taxa de liberação de RBS, observado no gráfico 1, decaindo apenas no verão.

A área apresentava pouca à inexistente cobertura vegetal, e segundo Buzinaro (2009), o crescimento dos microrganismos no solo diminui na carência de fonte de carbono e com a adição de matéria orgânica (dejetos dos animais), o tamanho e a atividade da comunidade microbiana podem ser influenciados.

O decréscimo no verão pode ter sofrido efeito da lixiviação dos materiais orgânicos, que de acordo Mello (2002) as perdas de nutrientes e materiais por lixiviação é muito maior em ambiente desprotegido, e podendo aumentar com a presença de um pequeno declive no local, sendo que no verão ocorreu o maior índice de precipitação (175 a 200 mm). E de acordo com a tabela 2, apresenta que o mínimo e máximo dos pontos coletados da RBS foi de 0,92 e de 1,34 mg de C-CO<sub>2</sub> g Kg<sup>-1</sup>h., respectivamente, ou seja, possivelmente em alguns pontos ocorreu mais elementos lixiviados do que em outros.

No outono, pela ocorrência de temperaturas amenas e a menor umidade, devido a baixa precipitação, podem ter atingido a comunidade microbiana (Vargas, 2000), fazendo com que os microrganismos tendessem a diminuir a sua atividade. Com o aumento da chuva, no inverno, a atividade dos microrganismos retorna a seu

ritmo em resposta ao acréscimo de umidade (Carvalho, 1997) e devido a baixa variação de temperatura entre as duas estações.

Segundo Espíndola (2004), a primavera acarreta condições favoráveis ao aumento da biomassa microbiana, por apresentar os maiores valores médios de temperatura e precipitação, e possivelmente devido a esse fato, que ocorreu a maior liberação de CO<sub>2</sub> nessa estação. No local da coleta das amostras houve um aumento de animais na área, fazendo com que a presença de dejetos aumentasse e assim aumentando a atividade microbiana, que de acordo com Oliveira (2004) os materiais como esterco, camas de animais e resíduos de frigoríficos, são ricos em microrganismos decompositores.

## 5.2 Área de Plantação

No inverno a área apresentava plantação de aveia preta para ser utilizada como forrageira do solo, a qual estava começando a nascer, e como o plantio é direto, havia restos de vegetais de plantações passadas protegendo o solo. E nessa área os efeitos antrópicos são presentes, o que pode ser observado na tabela 2, que os mínimos e máximos são bem variados, e podem ser acarretados devido a movimentação de máquinas agrícolas, compactação do solo e pisoteio de animais (ALBUQUERQUE, 2001).

E nessas áreas que são utilizadas para práticas agrícolas, são feitas alterações na superfície do solo para que se possam introduzir as diferentes culturas, e essas alterações modifica a rugosidade do solo, fazendo com que haja aumento ou redução do escoamento superficial em eventos pluviométricos (SCHNEIDER, 2011).

Nas estações de outono, inverno e primavera, a área cultivada foi com milho, e as mudanças no sistema de cultivo refletem na biomassa microbiana do solo, que atende por grande parte da dinâmica de decomposição do material orgânico (SOUZA, 2003), e nessas estações houve o decréscimo da RBS.

No inverno, de acordo com Espíndola (2001), a biomassa microbiana está atuando como compartimento de reserva de nutrientes, nestes períodos, evitando-se perdas. E também, sofrendo influencia da temperatura (14 a 15 °C) e de precipitação (125 a 150 mm), que em baixos valores os microrganismos diminuem sua atividade.

Na primavera e outono, apresentaram médias de temperaturas (21 a 22 °C e 19 a 20 °C) e de precipitações (175 a 200 mm e 125 a 150 mm) respectivamente, similares. Portanto, não houve nenhuma alteração de efeito que pudesse aumentar a taxa de liberação de CO<sub>2</sub>.

O aumento de CO<sub>2</sub> ocorrido no verão pode ser indícios que a biomassa microbiana estaria atuando na decomposição da matéria orgânica do solo, com imobilização de nutrientes em sua biomassa e liberação de parte destes nutrientes para a solução do solo (ESPÍNDOLA, 2001).

### **5.3 Área de Mata Nativa**

A mata nativa deveria ocasionar maior liberação de CO<sub>2</sub>, por haver maior presença de matéria orgânica no solo, que segundo Cunha (2011), afirma que a cobertura vegetal pode influenciar na RBS pela maior concentração de microrganismos e conseqüentemente, maior degradação da matéria orgânica.

Porém a mata nativa apresentou um possível equilíbrio, já que possuía uma cobertura vegetal, a qual favorece o controle de umidade e temperatura do solo, e ajuda a evitar erosões e escoamentos superficiais (GASPARIM, 2005). Assim como na área de plantação, o decréscimo ocorreu nas estações da primavera, outono e inverno, apresentando seu ápice no verão.

No verão, segundo Gama-Rodrigues (2005) as temperaturas mais altas associadas a precipitações pluviométricas elevadas promovem um aumento nas taxas dos processos químicos e bioquímicos do solo, o qual foi observado no mês da coleta, em que o verão obteve as maiores temperaturas (22 a 23 °C) e maiores precipitações (175 a 200 mm). E de acordo com Melloni (2008) como se trata de um ecossistema com maior densidade microbiana sobre equilíbrio e baixo estresse ambiental, e provavelmente, com as melhores condições físicas do solo, favorece a atividade microbiana.

Na primavera, outono e inverno, as baixas taxas de respiração basal do solo, podem ser influenciadas pelo equilíbrio existente no local, ou seja, em mata nativa a influencias externas são mínimas, porém com baixas temperaturas e precipitações, os microrganismos ficam sensíveis as mudanças de estação, diminuindo sua atividade microbiológica (ALVES, 2006).

#### 5.4 Análise Estatística e Quimiométrica

Para a comparação dos dados obtidos das amostras de solo, utilizou-se da análise estatística apresentados na tabela 3. Em que através do teste de variância e teste de Tukey a 5%, mostra a relação das médias dos resultados para cada área de coleta e para cada estação do ano.

**Tabela 3.** Análise de variância e teste de Tukey dos dados obtidos

Área	Estações			
	Inverno	Primavera	Verão	Outono
<b>Dejetos</b>	0,962±0,875 aA	1,322±0,681 aA	1,092±0,147 aA	0,265±0,146 aB
<b>Plantação</b>	0,219±0,187 bA	0,367±0,106 bA	0,812±0,130 aB	0,441±0,249 aA
<b>Mata Nativa</b>	0,130±0,078 bA	0,347±0,155 bA	0,890±0,344 aB	0,243±0,149 aA

**Legenda:** letras iguais minúsculas nas colunas e letras iguais maiúsculas nas linhas indicam médias estatisticamente iguais pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

De acordo com a tabela 3, pode-se observar que em relação às estações com o uso do solo, o inverno e a primavera são estatisticamente diferentes, já no verão e no outono as médias são estatisticamente iguais.

No inverno e primavera, a estatística foi diferente para a área de dejetos de animais, o qual pode ter sofrido a interferência da presença de dejetos, aumentando a comunidade microbiana, e alterando a incidência da RBS. Assim pode-se definir que o comportamento de cada uso do solo, sofre impactos na liberação de CO<sub>2</sub> devido a temperatura, umidade e equilíbrio ecológico local.

Em contrapartida, analisando o mesmo uso de solo nas diferentes estações, tem-se que a área com dejetos de animais foi estatisticamente diferente no outono, o qual pode ter sofrido com os processos de lixiviação em alguns pontos da coleta e de aumento de animais no local de influência.

A área com plantio e de mata nativa, apresentaram diferença estatística no verão, pois em temperaturas mais elevadas e com boa precipitação, os microrganismos tendem a aumentar sua atividade microbiológica, aumentando a liberação de CO<sub>2</sub>.

## 6. CONCLUSÕES

A área de dejetos de animais apresentou os maiores índices de respiração basal, sendo maior nas estações de inverno, verão e primavera. No outono a área de dejetos ficou atrás apenas da área com plantação. Já a mata nativa e a área de plantação, o decréscimo ocorreu nas estações da primavera, outono e inverno, apresentando seu ápice no verão.

As estações do ano, com diferentes temperaturas e precipitações, interferem na respiração basal do solo, de acordo com cada particularidade e uso do solo. Com a mudança de estação, o solo sofre acaba sendo influenciado com as novas temperaturas e novo índice pluviométrico, atingindo diretamente a atividade dos microrganismos.

Assim como o uso do solo interfere na sua qualidade e fertilidade, a quantidade de microrganismos também intervém, em que um solo protegido possui uma maior comunidade microbiana agindo na decomposição da matéria orgânica presente, do que em um solo desprotegido e com carência de matéria orgânica, sendo essa essencial como fonte de energia aos microrganismos e de nutrientes para as plantas.

## 7 REFERÊNCIAS

- ALVES, Allyson Rocha; Jacob Silva Souto; Patrícia Carneiro Souto. Aporte e decomposição de serrapilheira em área de caatinga, na Paraíba. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 6, n. 2, p. 194-203, 2006.
- ANDRÉA, M.M.; JR, A. Pettinelli. Efeito de aplicações de pesticidas sobre a biomassa e a respiração de microrganismos de solos. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 67, n. 2, p. 223-228, 2000.
- ARAÚJO, Ricardo; GOEDERT, Wenceslau J.; LACERDA, Marilusa Pinto Coelho. Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob cerrado nativo. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 31, p. 1099-1108, 2007.
- ARAÚJO, Sérgio Ferreira de; MONTEIRO, Regina Teresa Rosim. Indicadores biológicos de qualidade do solo. **Bioscience Journal**, Uberlândia, MG, v. 23, n. 3, p. 66-75, 2007.
- BARROS, Flávia M., et al. Características químicas do solo influenciadas pela adição de água residuária da suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, p. 47-51, 2005.
- BARROS, Yara Jurema, et al. Indicadores de qualidade de solos de área de mineração e metalurgia de chumbo. II – mesofauna e plantas. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, p. 1413-1426, julho/agosto 2010.
- BERNER, Paulo Guilherme Mello, et al. Variabilidade espacial de propriedades físicas e químicas de um Cambissolo sob dois sistemas de manejo de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 5, 2007.
- BERTONI, José. **Conservação do solo**. São Paulo: Editora Ícone, nº. 8, p. 28, 2012.
- BERTOL, Ildegardis, et al. Propriedades físicas de um cambissolo húmico álico afetadas pelo manejo do solo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 1, p. 91-95, 2000.
- BUZINARO, Thais Nucci; José Carlos Barbosa; Ely Nahas. Atividade microbiana do solo em pomar de laranja em resposta ao cultivo de adubos verdes. **Revista Brasileira Fruticultura**, Jaboticabal, v. 31, n. 2, p. 408-415, Junho, 2009.
- CARVALHO, Yanê de; Densidade e atividade dos microrganismos do solo em plantio direto e convencional, na região de Carambeí - PR. Mestrado em Agronomia-Área de Concentração Ciência do Solo. Curitiba, 1997.
- CASALINHO, Helvio Debli; Sérgio Roberto Martins; João Baptista da Silva; Ângelo da Silva Lopes; Qualidade do solo como indicador de sustentabilidade de agroecossistemas. **Revista Brasileira Agrociência**, Pelotas, v. 13, n. 2, p. 195-203, 2007.



CHAVES, Iêde de Brito, et al. Uma classificação morfo-estrutural para descrição e avaliação da biomassa da vegetação da Caatinga. **Revista Caatinga (Mossoró Brasil)**, v. 21, n. 2, p. 204-213, 2008.

COSTA, Eusângela Antônia; GOEDER, Wenceslau J.; SOUSA, Djalma Martinhão Gomes de. Qualidade de solo submetido a sistemas de cultivo com preparo convencional e plantio direto. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 41, n. 7, p. 1185-1191, 2006.

CUNHA, Eurâmi de Queiroz; et al. Sistemas de preparo do solo e culturas de cobertura na produção orgânica de feijão e milho - atributos biológicos do Solo. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 2, p. 589-602, 2011.

CORREIA, Maria Elizabeth Fernandes; OLIVEIRA, Luís Cláudio Marques de. Importância da fauna de solo para a ciclagem de nutrientes. **Miolo\_biota**, p. 77-100, 2006.

D'ANDRÉA, a. F., et al. Carneiro Siqueira. Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em sistemas de manejo na região do cerrado no sul do estado de Goiás. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, p. 913-923, 2002.

ESPINDOLA, José Antonio Azevedo; Dejair Lopes de Almeida; José Guilherme Marinho Guerra; Eliane Maria Ribeiro da Silva. Flutuação sazonal da biomassa microbiana e teores de nitrato e amônio de solo coberto com *paspalum notatum* em um agroecossistema. **Revista Floresta e Ambiente**, v. 8, n. 1, p. 104-113, 2001.

FERREIRA, Eloisa Aparecida Belleza, et al. Dinâmica do carbono da biomassa microbiana em cinco épocas do ano em diferentes sistemas de manejo do solo no Cerrado. **Revista brasileira de ciência do solo**, Brasília, v. 31, p. 1625-1635, 2007.

FIALHO, Jamili Silva; Vânia Felipe Freire Gomes; Teógenes Senna de Oliveira; José Maria Tupinambá da Silva Júnior. Indicadores da qualidade do solo em áreas sob vegetação natural e cultivo de bananeiras na Chapada do Apodi-CE1. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 37, n. 3, p. 250-257, 2006.

FONTES Maurício Paulo F.; CAMARGO, Otávio Antônio de; SPOSITO, Garrison. Eletroquímica das partículas coloidais e sua relação com a mineralogia de solos altamente intemperizados. **Scientia Agricola**, v. 58, n. 3, p. 627-646, 2001.

GAMA-RODRIGUES, Emmanuela Forestieri da, et al. Nitrogênio, carbono e atividade da biomassa microbiana do solo em plantações de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, p. 893-901, 2005.

GASPARIM, Eloi; Reinaldo Prandini Ricieri; Suedêmio de Lima Silva; Rivanildo Dallacort; Estor Gnoatto; Temperatura no perfil do solo utilizando duas densidades de cobertura e solo nu. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 27, no. 1, p. 107-115, 2005.

GOMES, Marco Antonio Ferreira; FILIZOLA, Heloisa Ferreira. Indicadores físicos e químicos de qualidade de solo de interesse agrícola. **Embrapa**. Jaguariúna, 2006

**Instituto Agrônomo do Paraná–IAPAR**. Médias históricas de Francisco Beltrão. Disponível em <[http://www.iapar.br/arquivos/Image/monitoramento/Medias\\_Historicas/Francisco\\_Beltrao.htm](http://www.iapar.br/arquivos/Image/monitoramento/Medias_Historicas/Francisco_Beltrao.htm)> Acesso em: 28 de setembro de 2016.

JACQUES, Rodrigo Josemar Seminoti, et al. Biorremediação de solos contaminados com hidrocarbonetos aromáticos policíclicos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 4, p. 1192-1201, 2007.

JUNIOR, Jairo Calderari de Oliveira, et al. Variabilidade espacial de atributos mineralógicos de solos da formação guabirota, Curitiba (PR). **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 35, p. 1481-1490, 2011.

LEITE, Luiz Fernando Carvalho; ARAÚJO, Ademir Sérgio Ferreira. Ecologia microbiana do solo. **Embrapa**. Teresina, 2007.

LEPSCH, Igo Fernando. **Formação e conservação dos solos**. São Paulo: Editora Oficina de textos, n. 2, p. 10, 2002.

LEONARDO, Hudson Carlos Lissoni. **Indicadores de qualidade de solo e água para a avaliação o uso sustentável da microbacia hidrográfica do rio Passo Cue, região oeste do estado do Paraná**. 2003. Dissertação (Mestrado em recursos florestais) – Universidade de São Paulo. São Paulo, 2003.

LIMA, Herdjanía Veras de, et al. Indicadores de qualidade do solo em sistemas de cultivo orgânico e convencional no semi-árido cearense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 1085-1098, 2007.

MANO, Sérgio Borges; PEREDA, Juan Antonio Ordóñez; FERNANDO, Gonzalo Doroteu García de. Aumento da vida útil e microbiologia da carne suína embalada em atmosfera modificada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 22, n. 1, p. 1-10, 2002.

MANTOVANI, José Eduardo; PEREIRA, Alfredo. ANAIS IX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. 1998, Santos. **Estimativa da integridade da cobertura vegetal de cerrado através de dados TM/Landsat**, Instituto Nacional de Pesquisa Espacial, 1998. p. 1455-1466.

MARQUES, Teresa Cristina Lara Lanza de Sá e Melo, et al. Evolvimento de dióxido de carbono e mineralização de nitrogênio em latossolo vermelho-escuro com diferentes manejos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 3, p. 581-589, 2000.

MELLO, S.C.; Vitti, G.C. Influência de materiais orgânicos no desenvolvimento do tomateiro e nas características químicas do solo em ambiente protegido. **Revista Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 3, p. 452-458, 2002.

- MELLONI, Rogério; Eliane Guimarães Pereira Melloni; Maria Inês Nogueira Alvarenga; Fernanda Bueno Marcondes Vieira. Avaliação da qualidade de solos sob diferentes coberturas florestais e de pastagem no sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, v. 32, p. 2461-2470, 2008.
- MENDONZA, H. N. S., et al. Propriedades químicas e biológicas de solo de tabuleiro cultivado com cana-de-açúcar com e sem queima da palhada. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 24, p. 201-207, 2000.
- NEVES, Cláudia Milene Nascente, et al. Indicadores biológicos da qualidade do solo em sistema agrossilvopastoril no noroeste do estado de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**. Lavras, v. 33, n. 1, p. 105-112, 2009.
- OLIVEIRA, Francisco Nelsieudes Sombra; Hermínio José Moreira Lima; João Paulo Cajazeira. Uso da Compostagem em Sistemas Agrícolas Orgânicos. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Centro Nacional de Pesquisa de Agroindústria Tropical Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**, Fortaleza, CE, 2004.
- PEREZ, Kátia Sueli Sivek, RAMOS, Maria Lucrécia Gerosa; MCMANUS, Concepta; Carbono da biomassa microbiana em solo cultivado com soja sob diferentes sistemas de manejo nos Cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 39, n. 6, p. 567-573, 2004.
- PEQUENO, Petrus Luiz de Luna, et al. Ocorrentes e aptidão agrícola de uma área destinada a um sistema de agrovila em Ouro Preto d'Oeste-RO. **EMBRAPA**. Porto Velho, 2001.
- PRIMAVESI, Ana. **Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais**. São Paulo: Editora Nobel. 2002.
- PULROLNIK, Karina. Transformações do carbono no solo. **EMBRAPA Cerrados**. Planaltina, 2009.
- REINERT, Dalvan José; REICHERT, José Miguel. **Propriedades física do solo**. Universidade Federal de Santa Maria centro de ciências rurais. Santa Maria, 2006,
- RONQUIM, Carlos Cesar. Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento- EMBRAPA**. São Paulo, 2010.
- SCHMITZ, José Antônio Kroeff. **Indicadores biológicos de qualidade do solo**. 2003. 183 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Curso de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2003.
- SCHMITZ, José Antônio Kroeff; SOUZA, Paulo Vitor Dutra de; KAMPF, Atelene Normann. Propriedades químicas e físicas de substratos de origem mineral e orgânica para o cultivo de mudas em recipientes. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 6, p. 937-944, 2002.

SEVERINO, Liv Soares; Fabiana Xavier Costa; Napoleão Esberard de Macêdo Beltrão; Micheline Amador de Lucena; Amanda. Mineralização da torta de mamona, esterco bovino e bagaço de cana estimada pela respiração microbiana. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 5, n. 1, 2004.

SCHNEIDER, Roselene Maria; Rosane Freire; Eneida Sala Cossich; Paulo Fernando Soares; Fabrício Hernandes de Freitas; Celia Regina Granhen Tavares. Estudo da influência do uso e ocupação de solo na qualidade da água de dois córregos da Bacia hidrográfica do rio Pirapó. **Acta Scientiarum. Technology**, v. 33, n. 3, p. 295-303, 2011.

SILVA, Edmilson Evangelista, Pedro Henrique Sabadin de Azevedo, Helvécio De-Polli. Determinação da respiração basal (RBS) e quociente metabólico do solo ( $qCO_2$ ). **EMBRAPA**, Rio de Janeiro, 2007.

SILVA, Fábio Cesar. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. **EMBRAPA Solos, EMBRAPA Informática Agropecuária, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Brasília, 2009.

SILVA, José Antonio Alberto da, et al. Reciclagem e incorporação de nutrientes ao solo pelo cultivo intercalar de adubos verdes em pomar de laranjeira-pêra. **Revista Brasileira de Fruticultura**, São Paulo, v. 24, n. 1, p. 225-230, 2002.

SILVA, Michelle; SIQUEIRA, Edmar Ramos; COSTA, Jefferson Luis da Silva. Hidrólise de diacetato de fluoresceína como bioindicador da atividade microbológica de um solo submetido a reflorestamento. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 5, p. 1493-1496, 2004.

SILVA, Mozaniel Batista da, et al. Atributos biológicos do solo sob influência da cobertura vegetal e do sistema de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 12, p. 1755-1761, 2007.

SILVA, Rogério Rosa da; SILVESTRE, Rogério. Riqueza da fauna de formigas (*Hymenoptera: Formicidae*) que habita as camadas superficiais do solo em Seara, Santa Catarina. **Papéis Avulsos de Zoologia**, São Paulo, v. 44, n. 1, 2004.

SILVA, Rubens Ribeiro da, et al. Biomassa e atividade microbiana em solo sob diferentes sistemas de manejo na região fisiográfica campos das vertentes – MG. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 34, p. 1585-1592, 2010.

SILVA, R. C. S., et al. Os indicadores físicos, químicos e biológicos da qualidade do solo e da sustentabilidade dos ambientes naturais. **Repositório Eletrônico Ciências Agrárias**, p. 1-13, 2011.

SODRÉ, Fernando Fabríz; LENZI, Ervim; COSTA, Antonio Carlos Saraiva da. Utilização de modelos físico-químicos de adsorção no estudo do comportamento do cobre em solos argilosos. **Química Nova**, Maringá, v. 24, n. 3, p. 324-330, 2001.

SOUZA, Edicarlos Damacena de, et al. Biomassa microbiana do solo em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto, submetido a intensidades de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 79-88, 2010.

SOUZA, W. J. O.; W. J. MELO. Matéria orgânica em um latossolo submetido a diferentes sistemas de produção de milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 1113-1122, 2003.

TRANNIN, Isabel Cristina de Barros; SIQUEIRA, José Oswaldo. Características biológicas do solo indicadoras de qualidade após dois anos de aplicação de biossólido industrial e cultivo de milho. **Revista brasileira de ciência do solo**, v. 31, p. 1173-1184, 2007.

VARGAS, L. K.; SCHOLLES, D. Biomassa microbiana e produção de C-CO<sub>2</sub> e n mineral de um podzólico vermelho-escuro submetido a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 35-42, 2000.

VEZZANI, Fabiane Machado; MIELNICZUK, João. Uma visão sobre a qualidade do solo. **Revista brasileira ciência e solo**, n. 33, p. 743-755, 2009.

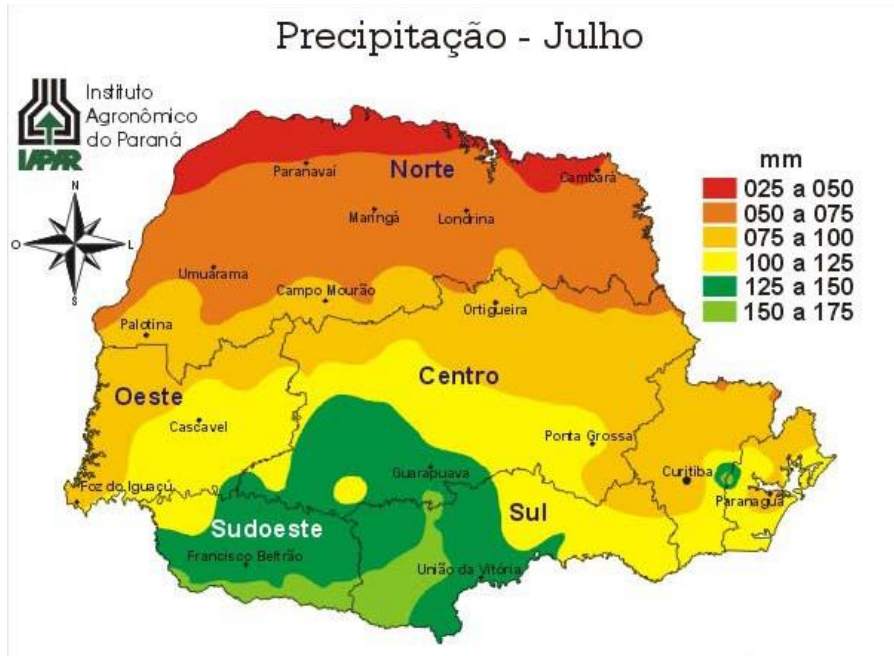
WINK, Charlotte, et al. Insetos edáficos como indicadores da qualidade ambiental. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 4, n. 1, p. 60-71, 2005.

VOLK, L. B.; COGO, S. N. P.; STRECK, E. V. Erosão hídrica influenciada por condições físicas de superfície e subsuperfície do solo resultantes do seu manejo, na ausência de cobertura vegetal. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Rio Grande do Sul, v. 28, p. 763-774, 2004.

ZILLI, Jerri Édson, et al. Diversidade microbiana como indicador de qualidade do solo. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 20, n. 3, p. 391-411, 2003.

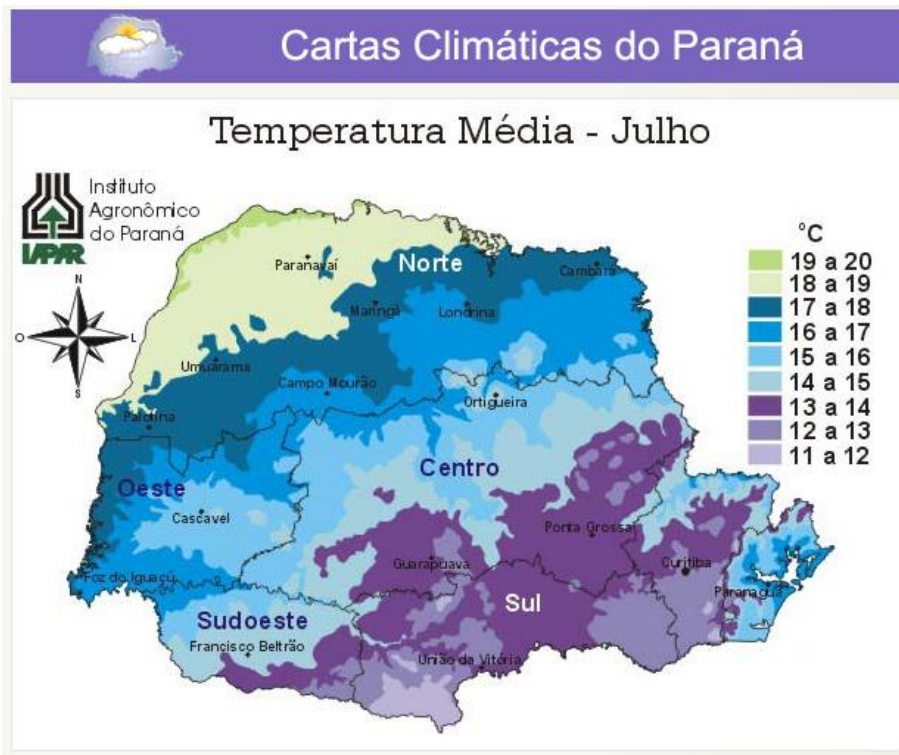
## ANEXO A

Figura 2. Mapa de precipitação média no mês de julho/2016



Fonte. IAPAR, 2016.

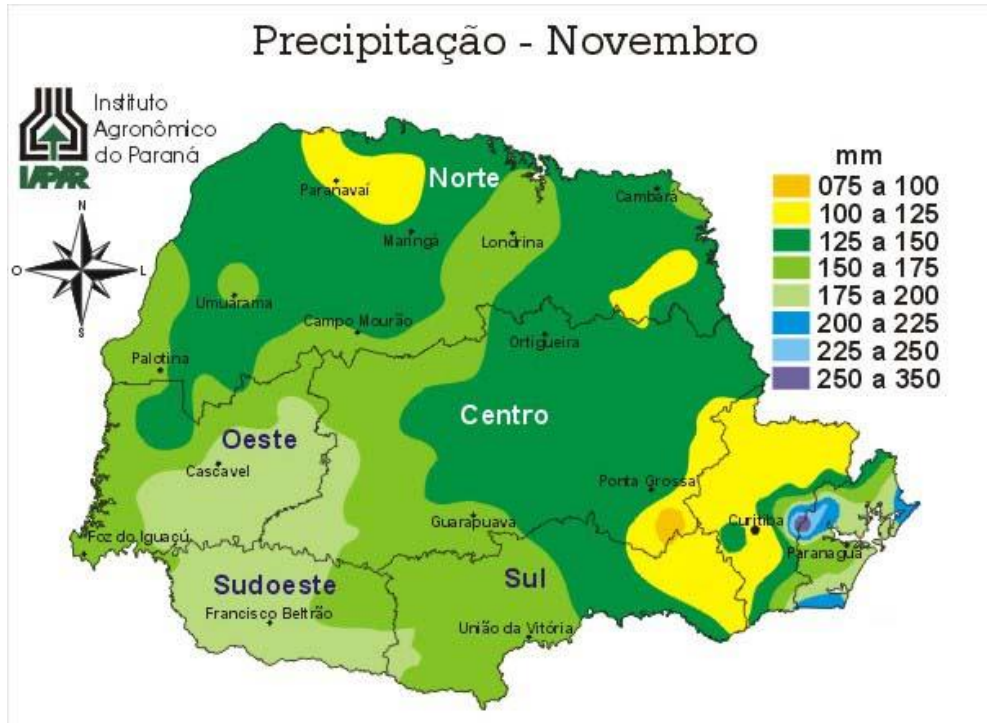
Figura 3. Mapa de temperatura média no mês de julho/2016



Fonte. IAPAR, 2016.

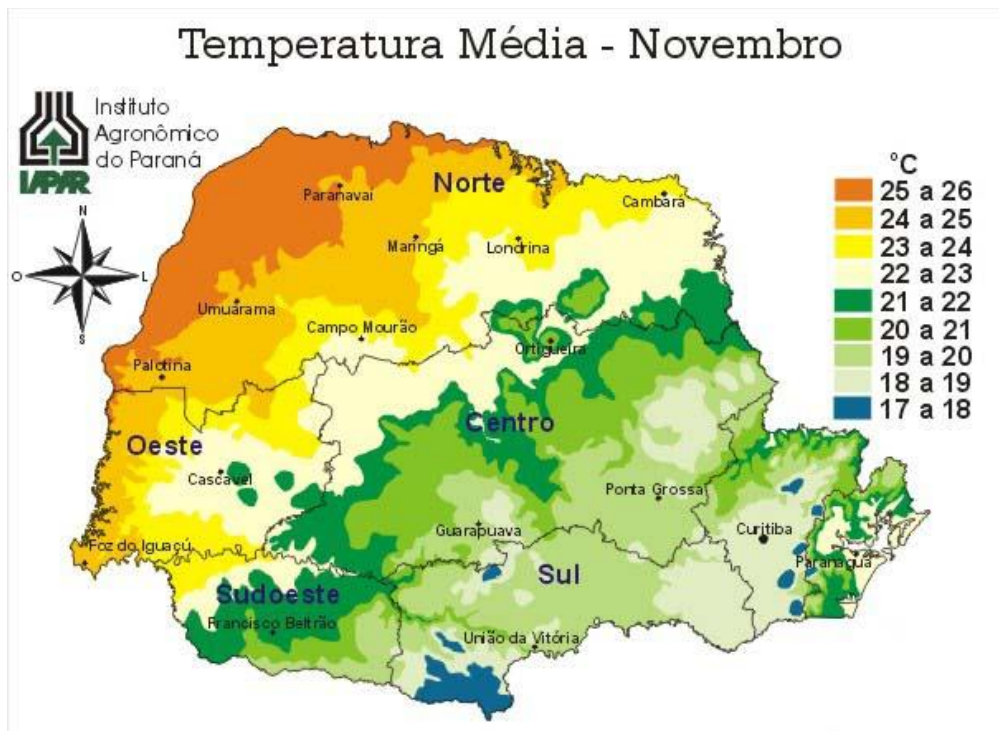
## ANEXO B

Figura 4. Mapa de precipitação média no mês de novembro/2016



Fonte. IAPAR, 2016.

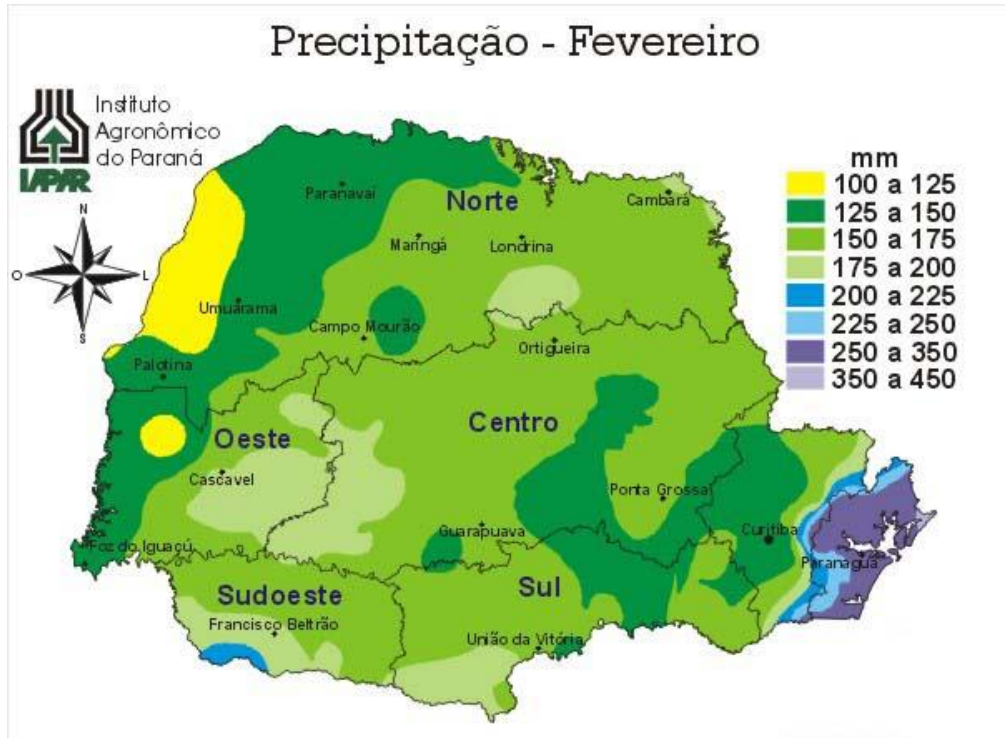
Figura 5. Mapa de temperatura média no mês de novembro/2016



Fonte. IAPAR, 2016.

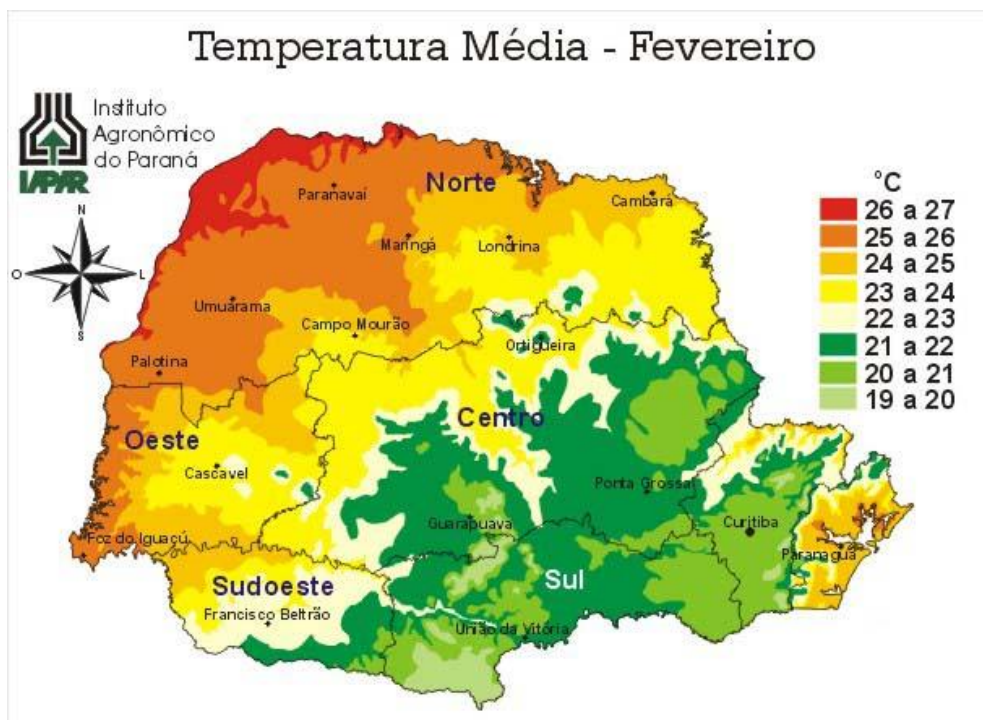
## ANEXO C

Figura 6. Mapa de precipitação média no mês de fevereiro/2017



Fonte. IAPAR, 2017.

Figura 7. Mapa de temperatura média no mês de fevereiro/2017

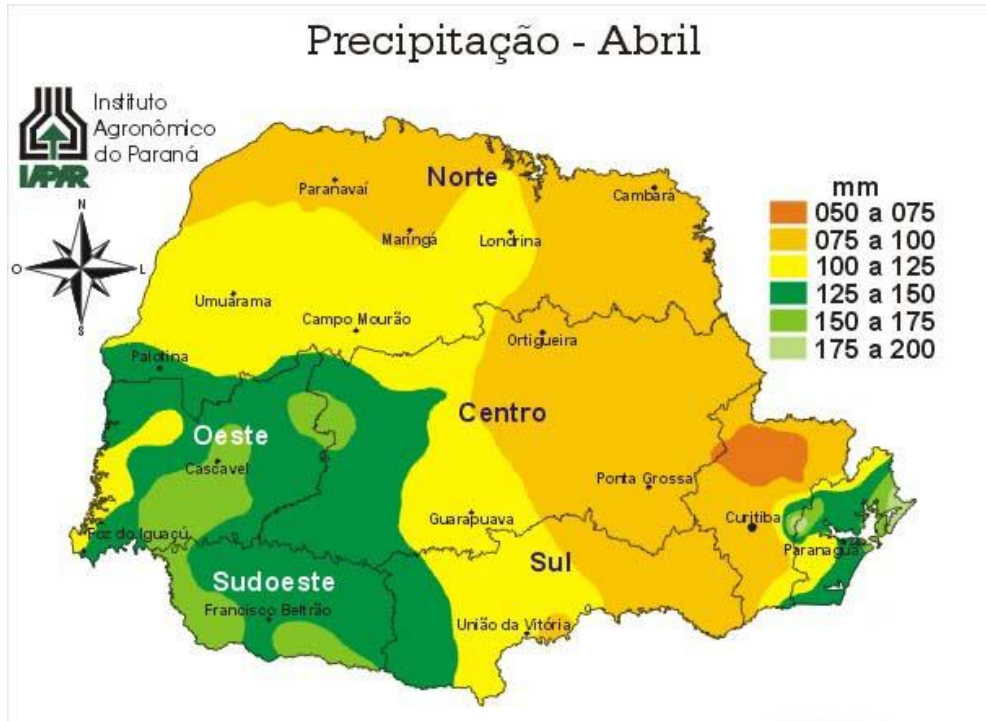


Fonte. IAPAR, 2017.



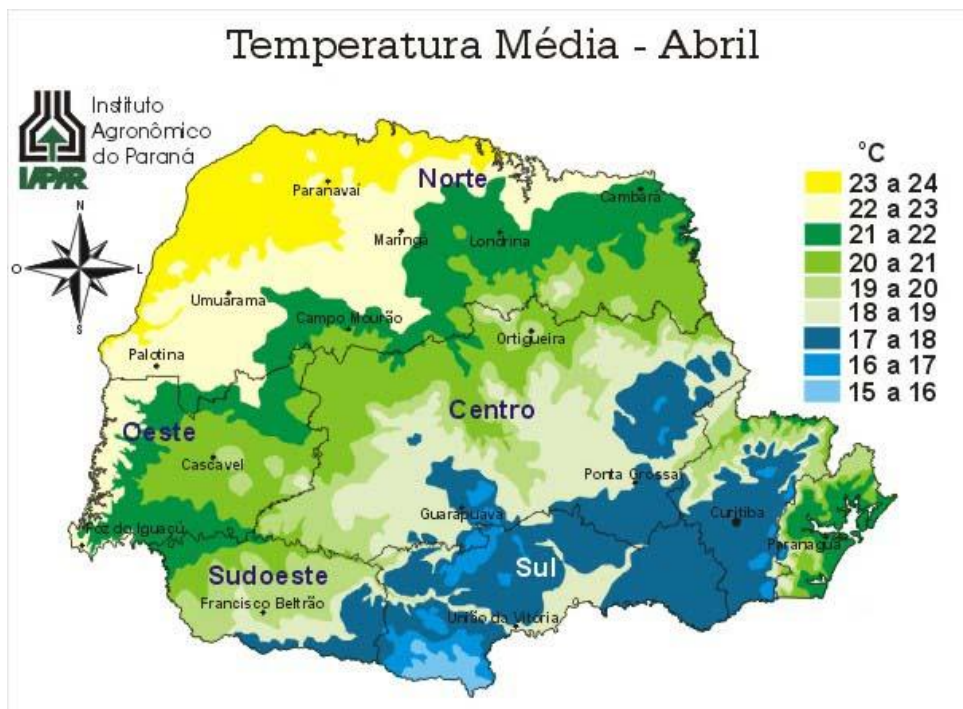
## ANEXO D

Figura 8. Mapa de precipitação média no mês de abril/2017



Fonte. IAPAR, 2017.

Figura 9. Mapa de temperatura média no mês de abril/2017



Fonte. IAPAR, 2017.