

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

LUCAS BELMONTT DE JULI

**DIMINUIÇÃO DA DIVERSIDADE MICROBIANA DE SOLOS EM ÁREAS SOB
ARENIZAÇÃO NO BIOMA PAMPA BRASILEIRO**

**São Gabriel
2017**

LUCAS BELMONTT DE JULI

**DIMINUIÇÃO DA DIVERSIDADE MICROBIANA DE SOLOS EM ÁREAS SOB
ARENIZAÇÃO NO BIOMA PAMPA BRASILEIRO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Gestão
Ambiental da Universidade Federal do
Pampa, como requisito parcial para
obtenção do Título de Bacharel em
Gestão Ambiental.

Orientador: Luiz Fernando Würdig Roesch

**São Gabriel
2017**

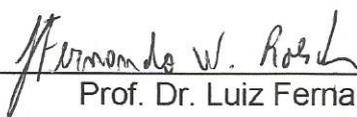
LUCAS BELMONTT DE JULI

**DIMINUIÇÃO DA DIVERSIDADE MICROBIANA DO SOLO EM ÁREAS SOB
ARENIZAÇÃO NO BIOMA PAMPA BRASILEIRO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Gestão
Ambiental da Universidade Federal do
Pampa, como requisito parcial para
obtenção do Título de Bacharel em
Gestão Ambiental.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 27 de Junho de 2017.

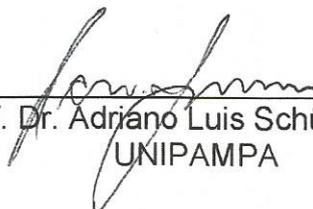
Banca examinadora:



Prof. Dr. Luiz Fernando Würdig Roesch
Orientador
UNIPAMPA



Prof. Dr. Filipe de Carvalho Victoria
UNIPAMPA



Prof. Dr. Adriano Luis Schünemann
UNIPAMPA

Dedico este trabalho a meus pais, que sempre apoiaram incondicionalmente as minhas escolhas.

AGRADECIMENTO

A Deus pela oportunidade que me concede;

Ao Prof. Luiz Fernando Roesch pela paciência e dedicação no auxílio e orientação para o desenvolvimento desse trabalho;

Aos meus pais pelo apoio e compreensão em todos os momentos;

A todos os colegas de curso, pela amizade e parceria construída durante esses últimos 4 anos e meio;

Aos colegas do grupo de pesquisa, pelo apoio.

“É bom ter sonhos. É bom acreditar neles.
E é melhor ainda transformá-los em
realidade”.

Moacyr Scliar

RESUMO

A arenização do solo é um processo natural onde, ao longo dos anos, grandes quantidades de solo, tornam-se areia devido ao intemperismo e ações antrópicas. Este processo muda completamente as características edáficas locais, além da vegetação. Tais mudanças podem afetar a comunidade microbiana do solo causando perdas de biodiversidade. O objetivo deste trabalho foi descrever os efeitos desse processo erosivo na microbiota do solo, comparando amostras de solos em um local com arenização, com amostras de solo de pastagens naturais no pampa brasileiro. O estudo foi conduzido em dois locais sob condições ambientais similares localizadas no Pampa brasileiro nos municípios de Quaraí e Cacequi. As amostras de solo foram coletadas em triplicatas em uma área de parcelas de areia e pastagens naturais. De cada amostra, utilizou-se 0,25 g de solo para isolamento total de DNA usando o kit DNA PowerSoil (MoBio laboratories, Inc.). O gene rRNA 16S (região V4) foi amplificado e sequenciado usando Sequenciamento de Próxima Geração. As sequências foram processadas usando o pipeline do Brazilian Microbiome Project, e as comparações da biblioteca foram realizadas usando o pacote Qiime. Um total de 3.245 OTUs agrupadas com 97% de similaridade de sequência de corte foram detectados em amostras de solo sob arenização, enquanto 9.535 OTUs foram detectadas na pastagem. As OTUs foram classificadas em 20 filos microbianos. Acidobacteria e Actinobacteria foram os mais abundantes em ambos os locais de amostragem, constituindo 19,9% e 20% da comunidade microbiana total, respectivamente. O índice de diversidade de Shannon também indicou baixa diversidade microbiana em amostras de solo sob arenização (8,4) em comparação com pastagens naturais (10,5). De acordo com os resultados observados para a diversidade alfa, a análise da diversidade beta mostrou que a estrutura da comunidade microbiana era diferente entre os dois lugares. Ao todo, os resultados indicam que esses processos de erosão estão causando a perda de diversidade microbiana e alterando a estrutura microbiana global.

Palavras chave: Presença e Ausência; Pastagem Natural; Microrganismos.

ABSTRACT

Soil “sandification” is a natural process where, over the years, large amounts of soil, become sand due to the weathering and anthropic actions. This process completely changes the local edaphic characteristics including the vegetation. This changes might affect the soil microbial community causing losses of biodiversity. The objective of this work was to describe the effects of this erosive process on the soil microbiota by comparing soil samples from a sand patch with soil samples from natural grassland in the Brazilian pampa. The study was conducted in two sites under similar environmental conditions located at the Brazilian Pampa in Quaraí and Cacequi municipalities. Soil samples were collected in triplicate in a sand patch area and natural grassland. From each sample 0.25g of soil was used for total DNA isolation using the DNA PowerSoil kit (MoBio laboratories, Inc.). The 16S rRNA gene (V4 region) was amplified and sequenced by using Next Generation Sequencing. Sequences were processed by using the pipeline of the Brazilian Microbiome Project and library comparisons were performed using Qiime package. A total of 3,245 OTUs grouped at 97% cutoff sequence similarity were detected in soil samples under “sandification” while 9,535 OTUs were detected in the grassland. The OTUs were classified in 20 microbial phyla. Acidobacteria and Actinobacteria were the most abundant in both sampling places making up 19.9% and 20% of the total microbial community respectively. Shannon diversity index also indicated low microbial diversity in soil samples under “sandification” (8.4) compared to the natural grassland (10.5). In line with the results observed for alpha diversity, the analysis of beta diversity showed that the microbial community structure were different between both places. Altogether the results indicate that this erosion processes is causing the loss of microbial diversity and altering the overall microbial structure.

Keywords: Presence and Absence; Natural Pasture; Microorganisms.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 – Localização da área de estudo | 15 |
| Figura 2 – Alfa diversidade..... | 18 |
| Figura 3 – Variação na abundancia de filos microbianos entre tratamentos | 19 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 – Comparação entre tratamentos baseado em análise permutacional de variância (PERMANOVA) | 17 |
|---|----|

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

RS – Rio Grande do Sul

PCR – Reação em Cadeia da Polimerase

QIIME™ - Quantitative Insights Into Microbial Ecology

PERMANOVA – Análise de Variação Permutacional

UTs – Unidades Taxonómicas

SUMÁRIO

| | | |
|---|----------------------------|----|
| 1 | INTRODUÇÃO | 13 |
| 2 | OBJETIVO | 14 |
| 3 | MATERIAL E MÉTODOS | 14 |
| 4 | RESULTADOS..... | 16 |
| 5 | DISCUSSÃO | 19 |
| 6 | CONSIDERAÇÕES FINAIS | 23 |
| | REFERÊNCIAS..... | 24 |

1 INTRODUÇÃO

A definição de arenização, descrita por Andrades Filho, Suertegaray e Guasselli (2006), nos diz que, compreende-se como, um processo onde acontece o retrabalhamento dos depósitos arenosos que por estarem pouco consolidados, ocasiona a essas áreas a dificuldade na fixação da cobertura vegetal, causada pela grande mobilidade dos sedimentos, seja pela ação da água ou por ação dos ventos.

Os primeiros registros desse fenômeno iniciaram-se na região Sul do RS, por volta dos anos 60, porém, na época não havia um controle rigoroso e efetivo para esse tipo de situação, então, até aproximadamente os anos 2000, pouco foi feito. Entretanto, a partir daí, com o ingresso de instituições governamentais que realizam pesquisas relacionadas ao solo, comprovou-se que a arenização estava crescendo de forma exponencial, e que seu controle era deficitário.

A preocupação com o processo de arenização era menor, uma vez que, devido a sua pequena área de extensão, os produtores e moradores da região pensavam que o fenômeno não afetaria os plantios de arroz e soja, que são base da economia regional. Porém, segundo Suzuki (2005), a qualidade do solo é um dos componentes agroecológicos importantes para os quais os esforços de gestão devem intensificar-se para alcançar a sustentabilidade. Em decorrência disso, a microbiota presente no solo pode servir como um fator de predição de qualidade do mesmo (ROESCH & PYLRO, 2017).

Segundo Roesch et. al. (2007), existem recentes estimativas quanto ao número de espécies bacterianas presentes em um grama de solo que ganharam muita atenção, pelo fato do solo ser considerado abrigo para muitas espécies, com uma ampla diversidade, e ainda por estarem presentes em qualquer ambiente terrestre.

O solo por reunir diversas espécies de microrganismos, torna-se a mais importante fonte de nutrientes para as plantas e demais seres vivos presentes no ambiente, através da biomassa microbiana, e também por ser o decompositor natural da matéria orgânica. Segundo Allison e Martiny (2008) a composição da maioria dos grupos microbianos é sensível e não é imediatamente resiliente à perturbação, independentemente da amplitude taxonômica do grupo ou do tipo de perturbação. Desta forma, a arenização por ser um tipo de perturbação à vegetação

nativa, pode alterar a comunidade microbiana, que por não ser resiliente ao primeiro impacto de mudança, pode sofrer uma alteração significativa na qualidade do solo.

As áreas de ocorrência desse fenômeno estão sobre o Bioma Pampa, e isso, é um fato que mostra a diferença entre os tipos de solo e vegetação que ocorrem na região. Pillar (2009) retrata também que, o Pampa tem em sua maior parte, uma vegetação em forma de mosaico campo-floresta, assim como, um alto índice de biodiversidade, fazendo com que a arenização seja um fenômeno comum para as características de solo desse local.

Um ponto importante a ser destacado é o fato de se distinguir arenização de desertificação, pois a arenização no caso da fronteira oeste gaúcha, local do Pampa brasileiro, ocorre em climas totalmente tropicais, com um regime de chuvas atingindo 1464mm/ano^{-1} (ANA, 2017), caso que não ocorre nas áreas em processo de desertificação, onde o regime de chuvas atingem no máximo 30% desse valor, como por exemplo a região do Oriente Médio e seus grandes desertos.

2 OBJETIVO

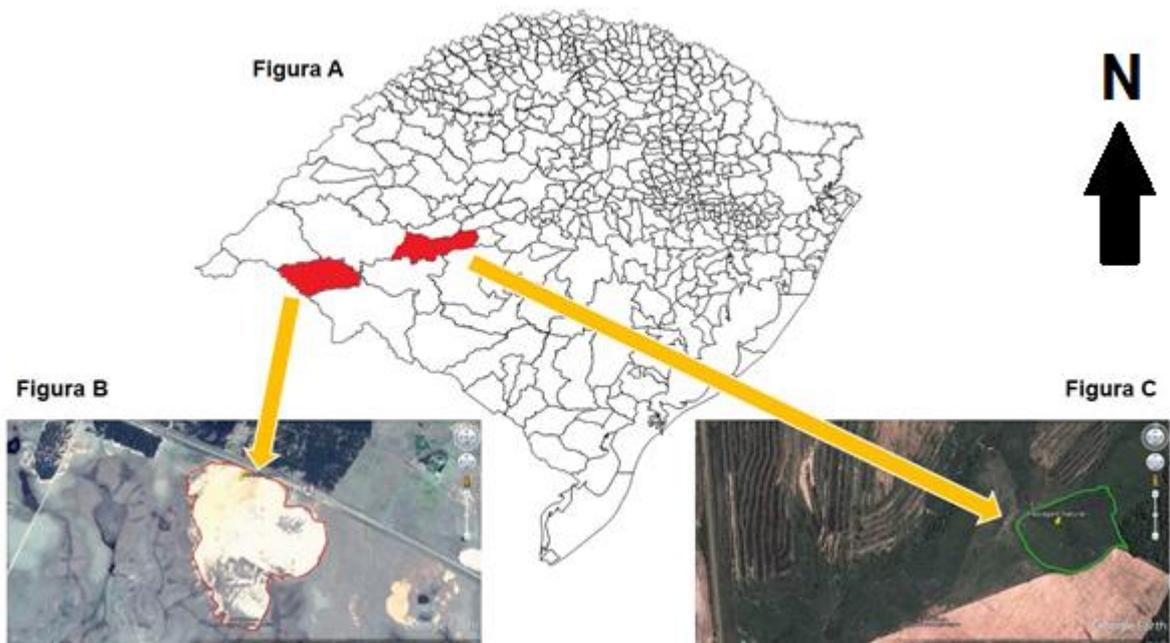
O presente trabalho objetivou avaliar as possíveis perdas de diversidade microbiana em solos sob processo de arenização. Foi testado aqui a hipótese de desaparecimento de espécies microbianas em solos sob arenização.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização deste trabalho foram coletadas amostras em dois municípios do Rio Grande do Sul (RS), no município de Quaraí foram coletadas as amostras sob arenização, e no município de Cacequi, em um solo com características parecidas, amostras sem o efeito de arenização. Utilizou-se para esse trabalho a coleta em três pontos aleatórios para ambos os tratamentos. O município de Quaraí localiza-se na região Fronteira Oeste do RS, fazendo divisa com o Uruguai, tendo como base da sua economia a pecuária, ficando distante 590 km da capital Porto Alegre, conforme Quaraí (2017). Cacequi, localiza-se na Região Central do Rio Grande do Sul, distante 412 km da capital do estado, tendo como base da economia a agropecuária.

A Figura 1 A representa o estado do Rio Grande do Sul (RS) com destaque em vermelho para os municípios onde o estudo foi realizado, a oeste, área do município de Quaraí (Figura 1B) e na região central o município de Cacequi (Figura 1C). As amostras de solo em processo de arenização foram coletadas no interior do município de Quaraí, na localidade do Areal, sob as coordenadas (LATITUDE: 30° 28' 12,74" e LONGITUDE: 56° 15' 1,64"), conforme a Figura 1B. Já as amostras sob pastagem natural, foram coletadas no interior do município de Cacequi, (LATITUDE: 30° 0' 38,20" e LONGITUDE: 54° 50' 17,40"), representada pela Figura 1C. A distância entre os pontos das amostras coletadas foi de 145 km.

Figura 1 – Localização das áreas de estudo



Áreas de estudo trabalho. **Figura A:** Representação gráfica do estado do Rio Grande do Sul; **Figura B:** Foto de satélite da área sob o processo de arenização, Quaraí – RS. **Figura C:** Foto de satélite da área sob pastagem natural, Cacequi – RS.

Fonte: Google Earth (2017)

Foram realizadas coletas de solo, em três pontos aleatórios, dentro da área em ambos locais de coleta. Posteriormente, as amostras foram armazenadas em tubos plásticos de 50 mL, imediatamente congeladas em nitrogênio líquido, e conduzidas até o laboratório da UNIPAMPA/São Gabriel, onde foram alocadas para o Ultra Freezer, em uma temperatura de -80°C. A comunidade microbiana foi avaliada pela extração do DNA microbiano das amostras de solo com o kit Power Soil DNA Isolation (MO BIO, Califórnia, CA, USA) seguindo as instruções do

fabricante, e logo foi realizado o processo de PCR (Reação em Cadeia da Polimerase) com as amostras, onde as condições aplicadas foram, 94°C por 2 minutos, 25 ciclos de 94°C por 45 segundos para a desnaturação, 55°C por 45 segundos, para o anelamento e 72°C por 1 minuto para que ocorresse a extensão das sequências e por último, manteve-se em 72°C por 6 minutos. Após, as amostras foram purificadas, e os produtos do PCR, com suas concentrações finais, foram quantificados com a utilização do Qubit Fluorometer Kit (Invitrogen, Carlsbad, CA). Feitas as quantificações, as amostras foram combinadas em concentrações equimolares para o sequenciamento. Essa composição de amostras foi usada para a preparação de uma biblioteca de genes 16S com o Ion OneTouch™ utilizando também o Ion PGM™. Depois de sequenciadas, as classificações taxonômicas das sequencias foram feitas através do software QIIME™ - Quantitative Insights Into Microbial Ecology (CAPORASO et al., 2010). Calculou-se também a PCoA (Análise de Coordenadas Principais), levando em consideração a abundância de espécies e a presença e ausência de espécies. A detecção de espécies que sofreram diminuição ou desaparecimento nas amostras sob arenização foi feita utilizando a ferramenta MicrobiomeAnalyst (DHARIWAL et al., 2017) através do cálculo da precisão da diminuição média dos microrganismos em ambos os tratamentos, utilizando o método Random Forest, que consiste na geração de árvores com múltiplas decisões que posteriormente são utilizadas na classificação de novos objetos. Finalmente, análises de variação permutacional (PERMANOVA) foram aplicadas para determinar diferenças na comunidade microbiana entre os dois tratamentos.

4 RESULTADOS

Após o processamento de todas as amostras sob pastagem e arenização, observou-se que houve diferença na composição da microbiota existente entre os tratamentos, tanto em composição como em diversidade. Observou-se que os solos sob arenização, apresentaram uma diversidade microbiana menor do que os solos sob pastagem natural (Figura 2). Primeiramente, utilizou-se o método estatístico (PERMANOVA), que consiste na união de dois métodos ANOVA/MANOVA, ambos feitos com permutação, aplicados a medida de distância entre amostras, para a

comparação da abundância e na presença e ausência de espécies microbianas nos tratamentos. Os resultados do teste podem ser observados na Tabela 1.

Tabela 1 – Comparação entre tratamentos baseado em análise permutacional de variância (PERMANOVA).

| PCoA | Nº de amostras | Nº de grupos | Teste Estatístico | Valor de P | Nº permutações |
|---|----------------|--------------|-------------------|------------|----------------|
| Presença e Ausência (Unweighted) | 6 | 2 | 4,29 | 0,096 | 999 |
| Abundância (Weighted) | 6 | 2 | 11,81 | 0,11 | 999 |

Tabela contendo dados estatísticos calculados através do método PERMANOVA. **Grupos:** Arenização e Pastagem. **Valor de P:** Refere-se ao menor nível de significância que pode ser assumido para rejeitar a hipótese nula, nesse caso adotou-se o valor de 5% ou 0,05.

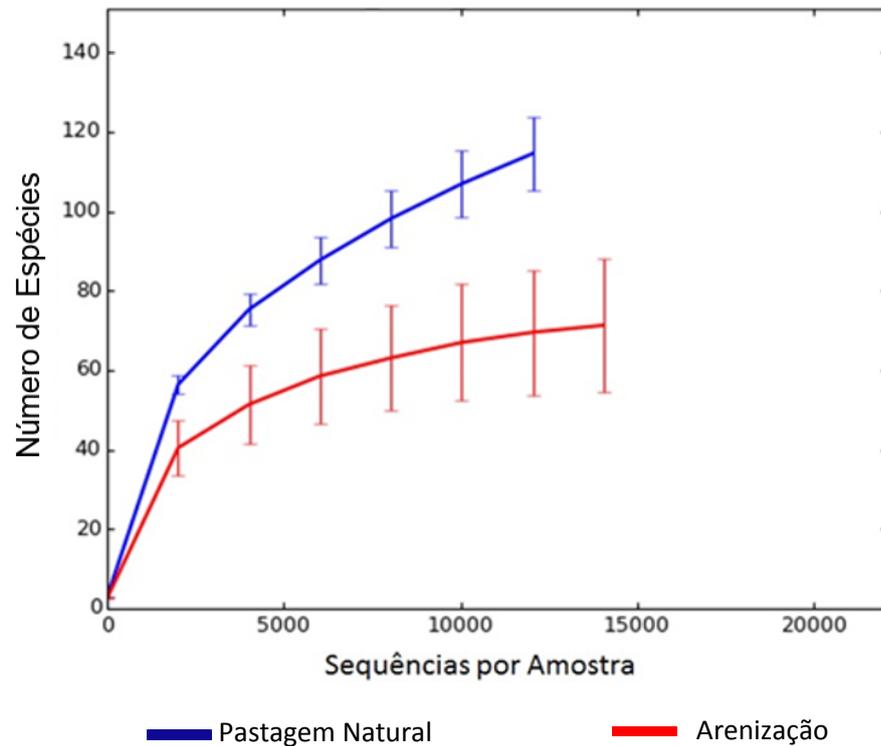
Fonte: O autor (2017)

De forma geral, os resultados indicaram que as maiores diferenças entre os dois ambientes testados foram relacionadas a presença/ausência de unidades taxonômicas. Entretanto, tais diferenças foram marginais visto que o valor calculado de p foi 0,09. Por outro lado, quando a abundância de espécies foi adicionada ao cálculo de dissimilaridade entre tratamentos, não se observou diferenças significativas entre as comunidades microbianas, dos solos sob arenização, comparados aos sob pastagem natural.

Os resultados da análise da diversidade microbiana dos solos são apresentados na Figura 2 onde foram calculadas curvas de rarefação usando o número de Unidades Taxonômicas (UTs).

Os resultados da Figura 2 mostram que as amostras sob arenização tendem a possuir menor diversidade, enquanto que na pastagem a diversidade tende a ser maior. Outro resultado que deve ser considerado para esse estudo, demonstrado na Figura 2, é quanto ao número de microrganismos presentes em cada um dos tratamentos. Nota-se que a quantidade de microrganismos encontrada nos solos sob arenização foi em média cerca de 50% inferior que os sob pastagem.

Figura 2 – Alfa Diversidade

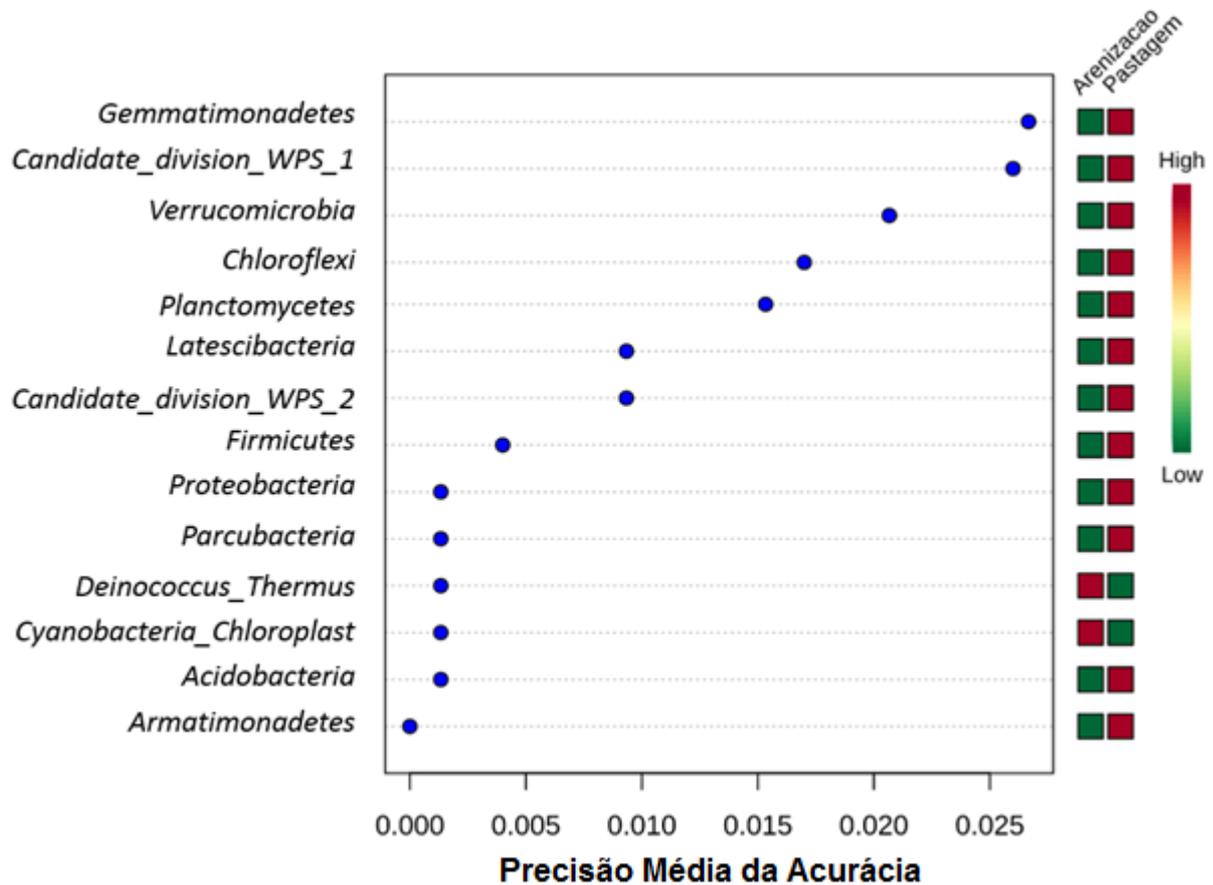


Representação gráfica em forma de linhas com curvas de rarefação, considerando as Sequências por Amostra (**Eixo X**), Número de Espécies (**Eixo Y**) e os tratamentos em que cada amostra foi coletada. Gerado através do número de UT's encontradas nos locais.

Fonte: O autor (2017)

Finalmente, Após terem sido detectadas diferenças na diversidade de espécies entre tratamentos, foi realizada uma análise de abundância diferencial para detectar quais espécies diferiam entre tratamentos. A Figura 3 nos mostra a diminuição média dos filamentos microbianos para ambos os tratamentos, indicando quais espécies estavam presentes em maior abundância em um tratamento em relação a outro. Pelos resultados observados na Figura 3, notou-se que a arenização prejudicou o desenvolvimento de algumas filamentos mas favoreceu o desenvolvimento de outros. Os filamentos microbianos mais abundantes, encontrados em solos sob arenização foram, *Acidobacteria* e *Armatimonadetes*, os menos abundantes pertenciam aos filamentos *Deinococcus_Thermus* e *Cyanobacteria*. Já na pastagem natural observou-se uma maior abundância de microrganismos do filo *Deinococcus_Thermus* e *Cyanobacteria* e menor abundância de bactérias do filo *Gemmatimonadetes* e *Verrucomicrobia*. Por tais fatos, têm-se um indicativo de que as áreas sob arenização estão perdendo espécies microbianas.

Figura 3 – Variação na abundância de filós microbianos entre tratamentos.



Variação na abundância dos filós nos tratamentos testados, gerado através do método **Random Forest**. Na coluna da **esquerda**, os filós. Nos quadros a **direita** os respectivos tratamentos. Em **verde**, baixa abundância. Em **vermelho**, alta abundância, ambos relacionados a média da **acurácia**, que mede a proximidade entre o valor obtido de forma experimental e o verdadeiro valor na medição de uma grandeza física.

Fonte: O autor (2017)

5 DISCUSSÃO

Os resultados obtidos, demonstraram a grande diversidade na composição de espécies microbianas presentes no solos. Nesse contexto, os solos sob arenização por possuírem menor abundância em espécies e diversidade, podem ser considerados de baixa qualidade. Segundo Scopel et al. (2013), algumas variedades de *Eucalyptus spp.* ou *Pinus spp.*, podem ser utilizados para a recuperação do solo arenizado. Pelo areal localizar-se em uma região com predominância agropecuária, a área sob arenização afeta a produtividade desses solos.

Duarte & Filho (2005), retratam que por estar ocorrendo de maneira acelerada, o processo de arenização vem gerando grandes problemas para os habitantes da Fronteira Oeste do RS, acarretando na perda de áreas agricultáveis, trazendo grandes prejuízos. Pois certamente, à medida que o areal aumenta, mais caro sairá para o produtor rural dessa região conter o processo.

Os solos sob pastagens naturais no Rio Grande do Sul apresentam baixa fertilidade (OLIVEIRA et al., 2011), a Figura 2 nos mostra que os solos arenizados possuem uma microbiota menos diversa em comparação a pastagem, sendo essa uma das causas da baixa fertilidade. Portanto mais um componente que caracteriza a arenização como um fenômeno incomum para os padrões da região e com grande potencial de crescimento, o que afetaria em grande escala a abundância e heterogeneidade dos microrganismos no solo daquela região.

Os microrganismos do solo desempenham uma função essencial no ciclo global de C e N, e estudos experimentais demonstram que eles têm potencial para responder a alterações ambientais (LI et al., 2017). Os microrganismos, por possuírem características adaptativas, estão em qualquer local, e no solo não é diferente, estima-se que em 1 grama de solo ocorram entre 20 e 40 mil espécies bacterianas (RUMJANEK et al., 1998). Na obtenção dos resultados comparativos entre os dois tratamentos, percebeu-se que a diminuição no número de espécies microbianas no ambiente submetido ao processo de arenização. Conforme a Figura 2, constatou-se que a diminuição média de espécies na pastagem natural comparado a arenização foi de cerca de 50%. Por ser abundante, a microbiota do solo tem papel fundamental na formação da estrutura do solo, e no caso da arenização considerou-se que solos arenizados não são propícios para vários tipos de culturas que são comuns naquela região.

As amostras coletadas no solo sob arenização, mostram um panorama diferente, as curvas de rarefação nesse tratamento apontaram uma grande diferença na composição de espécies e diversidade microbiana, também ilustrada pela Figura 3, onde fica evidente que o processo de arenização causou a diminuição de diversas espécies microbianas e o aumento de outras. Macrae (2000) diz que, após examinar o impacto de análise do 16S rDNA, referentes a ecologia microbiana do solo, notou que nos últimos anos, houve um aumento significativo no interesse pela ecologia e microbiologia do solo.

Nesse estudo, a identificação das espécies microbianas, foi feita através da análise de abundância diferencial do número de filos microbianos identificados através do sequenciamento do gene 16S. As bactérias do filo *Actinobacteria*, conforme Oliveira (2003), desempenham algumas funções importantes, como, a degradação de compostos de difícil decomposição, lignocelulose, lignina, celulose entre outros, e também a de conseguirem decompor compostos químicos prejudiciais ao meio ambiente. São organismos mais resistentes portanto e conseguem sobreviver melhor em condições mais extremas como as encontradas em solos sob arenização.

A extinção é um princípio de evolução e bem mais de 99% das espécies que já viveram se tornaram extintas. Costuma-se dizer que perdemos cerca de 1 espécie por dia (WEINBAUER; RASSOULZADEGAN, 2007). Nos solos em estudo, as Acidobactérias foram encontradas em maior abundância. Segundo Kielak et. al. (2016), o filo *Acidobacteria* concentra uma das linhagens de microrganismos mais beneficiada quando se fala em cultivos de amostras ambientais realizadas de forma independente. E ainda que, esse filo passou de praticamente desconhecido para ser conhecido como um dos mais abundantes e diversos no nosso planeta. Os microrganismos, dentre suas funções, possuem também a de ser indicadores de qualidade do solo, levando em consideração a diversidade, abundância, presença e ausência de espécies. Segundo (ANDERSON, 2003) a intensificação do uso do solo nas últimas décadas, particularmente na agricultura, tem causado medo de que a qualidade do solo possa ser alterada por longo tempo ou irreversivelmente.

A biomassa microbiana, que é agente principal na regulação do ambiente, através da decomposição de compostos químicos no solo, por ser constituída de compostos orgânicos provenientes do próprio meio, deve reunir características que a façam eficientes, para que a microbiota possa ser resiliente e resistente as perturbações de origem antrópica ou natural que possam vir a sofrer. Na arenização, por existir um baixo nível de associação, sua microbiota possui menor capacidade na produção de biomassa, portanto a probabilidade de que a agropecuária, cultura predominante daquela região, seja produtiva em áreas ao redor de areias, é pequena, pois Rovedder et. al. (2005) indica que os areais aumentam em direção a corrente dos ventos predominantes, afetando um ecossistema que demonstra uma baixa resiliência.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O solo é a maior ferramenta de produção existente, e o aprimoramento de técnicas de manejo sustentável e reutilização, através dos avanços tecnológicos, são eminentes. A sua conservação, proporciona com que espécies de microrganismos possam se multiplicar, adaptar e constituir suas propriedades e características ao meio pertencente. Há uma gama de estudos relacionados a ecologia microbiana que relatam o comportamento de microrganismos em diversos tipos de tratamentos relacionados ao solo, porém, a arenização trata-se de um fenômeno recém explorado, com pequenas áreas, e por isso poucos estudos foram feitos até então. Portanto, com esse estudo, auxiliado por meio de técnicas de bioinformática, pôde-se analisar as perdas da diversidade microbiana em solos sob processo de arenização. Os resultados indicam que a diversidade microbiana apresentou significativas perdas em relação a áreas sob pastagem natural. Dentro do que se foi encontrado, propõe-se que a análise da microbiota é a principal maneira de obter formas de recuperação para esses solos.

REFERÊNCIAS

- ALLISON, S. D.; MARTINY, J. B. Resistance, resilience, and redundancy in microbial communities. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 105, n. Supplement 1, p. 11512–11519, 2008.
- ANA. (2017). *Hidroweb*. Acesso em 10 de Janeiro de 2017, disponível em Site da Agência Nacional de Águas: <http://www.snirh.gov.br/hidroweb/>
- ANDERSON, T.-H. Microbial eco-physiological indicators to asses soil quality. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 98, n. 1–3, p. 285–293, set. 2003.
- ANDRADES FILHO, C. O.; SUERTEGARAY, D. M. A.; GUASSELLI, L. A. Arenização no sudoeste do Rio Grande do Sul: investigação sobre a relação entre areais, drenagem e orientação do relevo. **VI Simpósio Nacional de Geomorfologia**, 2006.
- CAPORASO, J. G. et al. QIIME allows analysis of high-throughput community sequencing data. **Nature Methods**, v. 7, n. 5, p. 335–336, maio 2010.
- DHARIWAL, A. et al. MicrobiomeAnalyst: a web-based tool for comprehensive statistical, visual and meta-analysis of microbiome data. **Nucleic Acids Research**, 26 abr. 2017.
- DUARTE, A.; FILHO, E. A. A INTENSIFICAÇÃO DA ARENIZAÇÃO NO SUDOESTE DO RIO GRANDE DO SUL: AÇÕES ANTRÓPICAS E POLÍTICAS EDUCACIONAIS. nov. 2005.
- GOOGLE. Google Earth. Version 7.1.8.3036 (32-bit). 2017. Quaraí - RS; Cacequi - RS. Disponível em: <https://www.google.com.br/earth/download/ge/agree.html>. Acesso em: 17 de Janeiro de 2017.
- KIELAK, A. M. et al. The Ecology of Acidobacteria: Moving beyond Genes and Genomes. **Frontiers in Microbiology**, v. 7, 31 maio 2016.
- LI, Y. et al. Distinct Soil Microbial Communities in habitats of differing soil water balance on the Tibetan Plateau. **Scientific Reports**, v. 7, p. 46407, 12 abr. 2017.
- MACRAE, A. The use of 16S rDNA methods in soil microbial ecology. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 31, n. 2, p. 77–82, 2000.
- OLIVEIRA, L. B. et al. Fósforo microbiano em solos sob pastagem natural submetida à queima e pastejo. **Rev Bras Cienc Solo**, v. 35, p. 1509–15, 2011.
- OLIVEIRA, M. **Identificação e caracterização de actinomicetos isolados de processo de compostagem**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, mar. 2003.
- PILLAR, V. D. P. (ED.). **Campos sulinos: conservação e uso sustentável da biodiversidade**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade e Florestas, Departamento de Conservação da Biodiversidade, 2009.

Quaraí, P. M. (16 de Janeiro de 2017). *Dados do Município*. Acesso em 16 de Janeiro de 2017, disponível em Prefeitura Municipal de Quaraí: http://www.quarai.rs.gov.br/CONHECENDO_dados_do_municipio.htm

ROESCH, L. F. W.; PYLRO, VICTOR SATLER. Desafios na definição de técnicas adequadas para o manejo do solo: abordagem microbiológica à luz das novas tecnologias de sequenciamento. In: Fatima Maria de Souza Moreira; Maria Catarina Megumi Kasuya. (Org.). **Fertilidade e biologia do solo - Integração e tecnologia para todos**. 1ed.Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2017, v. 2, p. 261-286.

ROESCH, L. F. et al. Pyrosequencing enumerates and contrasts soil microbial diversity. **The ISME Journal**, v. 1, n. 4, p. 283–290, 2007.

ROVEDDER, A. et al. Análise da composição florística do campo nativo afetado pelo fenômeno da arenização no sudoeste do Rio Grande do Sul. **Current Agricultural Science and Technology**, v. 11, n. 4, 2005.

RUMJANEK, N. et al. MICRORGANISMOS E BIODIVERSIDADE DE SOLOS. 28 out. 1998.

SCOPEL, I. et al. Levantamento de áreas sob arenização e relações com o uso da terra no sudoeste de Goiás e no Sudoeste do Rio Grande do Sul—Brasil. **Observat. Rev. Eletrôn. Geogr**, v. 5, p. 24–47, 2013.

SUZUKI, C. et al. Microbial indices of soil fertility. **Journal of Applied Microbiology**, v. 98, n. 5, p. 1062–1074, maio 2005.

WEINBAUER, M. G.; RASSOULZADEGAN, F. Extinction of microbes: evidence and potential consequences. **Endangered Species Research**, v. 3, n. 2, p. 205–215, 2007.