



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

MARCELO EDUARDO RUSSO

ASTROBIOLOGIA:
UMA PROPOSTA DE EXPERIMENTO E PERFIL DOS
PESQUISADORES NO BRASIL

Londrina
2021

MARCELO EDUARDO RUSSO

ASTROBIOLOGIA:
UMA PROPOSTA DE EXPERIMENTO E PERFIL DOS
PESQUISADORES NO BRASIL

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional (PROFQUI), da Universidade Estadual de Londrina (UEL) como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Química

Orientador: Prof. Dr. Dimas Augusto Morozin Zaia

Londrina
2021

**Catálogo elaborado pela Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca
Central da Universidade Estadual de Londrina**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

R969a Russo, Marcelo Eduardo.

Astrobiologia : uma proposta de experimento e perfil dos pesquisadores
no Brasil / Marcelo Eduardo Russo. – Londrina, 2021.
74 f. : il.

Orientador: Dimas Augusto Morozin Zaia.

Dissertação (Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional) –
Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Exatas, Programa de
Pós-Graduação em Química em Rede Nacional, 2021.

Inclui bibliografia.

1. Astrobiólogos – Teses. 2. Agricultura espacial – Teses. 3. Marte (Planeta)
– Teses. 4. Solos – Teses. 5. Química – Teses. I. Zaia, Dimas Augusto Morozin.
II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Exatas. Programa de
Pós-Graduação em Química em Rede Nacional. III. Título.

CDU 54

MARCELO EDUARDO RUSSO

ASTROBIOLOGIA:
UMA PROPOSTA DE EXPERIMENTO E PERFIL DOS
PESQUISADORES NO BRASIL

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional (PROFQUI), da Universidade Estadual de Londrina (UEL) como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Química

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Dr. Dimas A. M. Zaia
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Prof. Dr. Maria Cristina Solci
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Prof. Dr. Marcelo Maia Cirino
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Londrina, 27 de julho de 2021.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a **Universidade Estadual de Londrina** e o **Departamento de Química** pela oportunidade de realizar um curso de pós-graduação.

Agradeço a **Universidade Federal do Paraná**, a direção do campus Avançado em Jandaia do Sul da Universidade Federal do Paraná e aos servidores lotados na **Seção dos Laboratórios Acadêmicos de Cursos (SLAC)**.

Agradeço aos **discentes** da turma de 2018, a **coordenação** e ao **corpo docente** do **PROQUI/UEL**.

Agradeço, em especial, ao meu orientador professor Dr. **Dimas Zaia**, que me acompanhou/orientou/ensinou/motivou/ouviu/auxiliou ao longo desta importante etapa da minha vida. Agradeço também aos membros do Laboratório de Química Prebiótica (LQP) da Universidade Estadual de Londrina (UEL).

Agradeço, em especial, o professor Dr. **Rogério Fernandes de Souza** do Departamento de Biologia Geral da Universidade Estadual de Londrina pelo auxílio ao longo de todo o desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço, em especial, o professor Dr. **José Antônio Pimenta** do Departamento de Biologia Animal e Vegetal da Universidade Estadual de Londrina pelos ensinamentos nas análises fisiológicas das plantas.

Agradeço, em especial, o professor Dr. **Antônio Carlos Saraiva da Costa** do Departamento de Agronomia da Universidade Estadual de Maringá pelo fornecimento da rocha basáltica e contribuições no preparo do solo.

Agradeço, em especial, o professor Dr. **Caio Abércio da Silva** do Departamento de Zootecnia da Universidade Estadual de Londrina pelo fornecimento do líquido fermentado utilizado como fonte de matéria orgânica neste trabalho.

Agradeço aos professores Dra. **Gizilene Maria de Carvalho**, Dr. **Marcelo Maia Cirino** e Dra. **Maria Cristina Solci** pelo aceite em contribuir como banca de Qualificação e defesa da Dissertação.

Agradeço a professora Dra. **Cassia Thais Bussamra Vieira Zaia** do Departamento de Ciências Fisiológicas da Universidade Estadual de Londrina pelo empurrão final.

OBRIGADO!

RUSSO, Marcelo Eduardo. **Astrobiologia**: uma proposta de experimento e perfil dos pesquisadores no Brasil. 2021. 74 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2021.

RESUMO

Este trabalho foi dividido em duas partes. A parte I consiste no desenvolvimento de um material didático para ser utilizado como introdução à ciência da Astrobiologia, com foco na temática da agricultura espacial para alunos do ensino médio. Foram realizados três testes pilotos para testar o plantio de feijão preto e milho em duas amostras de solo sendo a primeira em um solo terrestre (ST) e a segunda em um solo basáltico, simulado ao solo marciano (SM). A evolução destes plantios foi realizada por meio de análises de primeira contagem de germinação (PCG), comprimento de parte aérea (CPA), comprimento de raiz primária (CRP) e área foliar (AF). Os resultados das análises mostraram melhores valores para ST quando comparado com SM, tanto para o feijão preto quanto para o milho. Entretanto, as características das análises selecionadas permitem a aplicação fácil e correta em um ambiente escolar. A parte II consiste na análise dos pesquisadores que desenvolvem pesquisa científica na área da Astrobiologia no Brasil. Para isto utilizou-se de duas bases de dados brasileiras: a plataforma Lattes (PL) do CNPq e o banco de Teses de Dissertações (BTD) da CAPES. Os descritores utilizados foram: astrobiologia, *astrobiology*, astroquímica, extremófilos, *meteorites*, planetas habitáveis e química prebiótica. Observaram-se que os cursos de graduação e doutorado finalizados pelos pesquisadores foram predominantemente das Ciências Exatas e da Terra e Ciências Biológicas. Dos 45 pesquisadores participantes, 39 possuem vínculo empregatício com em Instituições de ensino superior ou centros de pesquisa no Brasil e todas as regiões demográficas possuem pelo menos um pesquisador atuando com pesquisa científica em Astrobiologia.

Palavras-chave: astrobiólogo; agricultura espacial; Marte; solo; plantio.

RUSSO, Marcelo Eduardo. **Astrobiology**: a proposal for an experiment and profile of researchers in Brazil. 2021. 74 p. Dissertation (Professional Master in Chemistry in National Network) – State University of Londrina, Londrina, 2021.

ABSTRACT

This work was divided into two parts. Part I consists of the development of teaching material to be used as an introduction to the science of Astrobiology, focusing on the theme of space agriculture for high school students. Three pilot tests were carried out to test the planting of black beans and corn in two soils, the first in a terrestrial soil (ST) and the second in a basaltic soil, simulated with the Martian soil (SM). The evolution of these plants was performed by analyzing the first germination count (PCG), shoot length (CPA), primary root length (CRP) and leaf area (AF). The results of the analyzes had better values for ST when compared to SM, for both black beans and corn. However, the characteristics of the selected analyzes allow for easy and correct application in a school environment. Part II consists of the analysis of researchers who carry out scientific research in the field of Astrobiology in Brazil. For this, two Brazilian databases are used: a Lattes platform (PL) from CNPq and a bank of Dissertation Thesis (BTD) from CAPES. The descriptors used were: astrobiology, astrobiology, astrochemistry, extremophiles, meteorites, habitable planets and prebiotic chemistry. It was observed that the undergraduate and doctoral courses completed by the researchers were predominantly in the Exact Sciences and Earth and Biological Sciences. Of the 45 participating researchers, 39 are employed by higher education institutions or research centers in Brazil and all demographic regions have at least one researcher working with scientific research in Astrobiology.

Keywords: astrobiologist; space agriculture; Mars; soil; planting.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** – Fotografias do teste piloto I. (A) Feijão-preto em ST após 7 dias o plantio da semente, (B) Feijão-preto em SM após 7 dias do plantio da semente, e (C) visão geral do suporte dos tubetes após 30 dias do plantio das sementes em ST e SM.24
- Figura 2** – Fotos do teste piloto II. (A) Vaso de plantio em ST após 30 dias do plantio das sementes, (B) Vaso de plantio em SM após 30 dias do plantio das sementes e (C) visão geral dos vasos de plantios e suporte dos vasos.25
- Figura 3** – Fotos do teste piloto III. (A) Vaso de plantio com ST e SM após sete dias do experimento, (B) Vaso de plantio após fim do experimento, (C) plântula de feijão em ST (esquerda) e SM (direita) e (D) plântula de milho em ST (esquerda) e em SM (direita).26
- Figura 4** – Representação da técnica de realização das análises de CPA e CRP.27
- Figura 5** – Distribuição dos cursos de graduação e doutorado dos pesquisadores por Grande Área do Conhecimento. CA (Ciências Agrárias), TE (Tecnologias), OU (Outras), EN (Engenharias), CH (Ciências Humanas), CB (Ciências Biológicas) e CET (Ciências Exatas e da Terra.46
- Figura 6** – Distribuição das regiões demográficas das IES dos cursos de graduação e doutorado dos pesquisadores: NO (Região Norte), EX (Exterior), NE (Região Nordeste), CO (Região Centro Oeste), SL (Região Sul), SD (Região Sudeste).49

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 – Resultados das análises de PCG, comprimento de parte aérea (CPA) e área foliar (AF) para solo terrestre (ST) e solo tipo marciano (SM) no teste piloto I. | 29 |
| Tabela 2 – Resultados das análises de PCG, comprimento de raiz primária (CRP), comprimento de parte aérea (CPA) e área foliar (AF) para o solo terrestre (ST) e solo tipo marciano (SM) no teste piloto III do feijão preto. | 30 |
| Tabela 3 – Resultados das análises de PCG, comprimento de raiz primária (CRP), comprimento de parte aérea (CPA) e área foliar (AF) para o solo terrestre (ST) e solo tipo marciano (SM) no teste piloto III do milho. | 31 |
| Tabela 4 – Número de currículos encontrados na Plataforma Lattes por descritor. | 39 |
| Tabela 5 – Número de teses e dissertação e número de pesquisadores obtidos em pesquisa no Banco de Teses e Dissertações da CAPES por descritor. | 39 |
| Tabela 6 – Resultado das coletas das pesquisas na PL e BTD e exclusões em duplicidade nas bases de dados e entre as bases de dados. | 40 |
| Tabela 7 – Número total de pesquisadores participantes da pesquisa. | 41 |
| Tabela 8 – Distribuição dos cursos de graduação nas Grandes Áreas e Áreas do Conhecimento com seus respectivos quantitativos de pesquisadores. | 43 |
| Tabela 9 – Distribuição dos cursos de doutorado nas Grandes Áreas e Áreas do Conhecimento com seus respectivos quantitativos de pesquisadores. | 47 |
| Tabela 10 – Total de pesquisadores com alguma formação, seja no curso de graduação ou doutorado, nas áreas de Ensino ou Educação. | 50 |
| Tabela 11 – Vínculo do pesquisador em Astrobiologia na região Norte. | 51 |
| Tabela 12 – Vínculo dos pesquisadores em Astrobiologia na região Centro Oeste. | 51 |
| Tabela 13 – Vínculo dos pesquisadores em Astrobiologia na região Sul. | 52 |

| | |
|---|----|
| Tabela 14 – Vínculo dos pesquisadores em Astrobiologia na região Nordeste..... | 52 |
| Tabela 15 – Vínculo dos pesquisadores em Astrobiologia no estado do Espírito Santo..... | 53 |
| Tabela 16 – Vínculo dos pesquisadores em Astrobiologia no estado de Minas Gerais | 53 |
| Tabela 17 – Vínculo dos pesquisadores em Astrobiologia no estado do Rio de Janeiro | 54 |
| Tabela 18 – Vínculo dos pesquisadores em Astrobiologia no estado de São Paulo | 55 |
| Tabela 19 – Nível das bolsas em produtividade em pesquisa vigente do CNPq e respectivo quantitativo de pesquisadores | 57 |
| Tabela 20 – Percentual dos descritores nas pesquisas da Plataforma Lattes | 57 |
| Tabela 21 – Percentual dos descritores nas pesquisas do Banco de Teses e Dissertações | 58 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|----------|--|
| AF | Área Foliar |
| AG | Areia Grossa |
| ASTROLAB | Laboratório de Astrobiologia |
| BTD | Banco de Teses e Dissertações |
| CA | Ciências Agrárias |
| CAPES | Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior |
| CB | Ciências Biológicas |
| CBPF | Centro Brasileiro de Pesquisa Físicas |
| CCB | Centro de Ciências Biológicas |
| CEFET | Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca |
| CET | Ciências Exatas e da Terra |
| CH | Ciências Humanas |
| CL | Currículo Lattes |
| CMM | Curso de Ciências Moleculares |
| CNPEM | Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais |
| CNPq | Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico |
| CO | Centro Oeste |
| CP | Centro de Pesquisa |
| CPA | Comprimento de Parte Aérea |
| CRP | Comprimento de Raiz Primária |
| EANA | <i>European Astrobiology Network Association</i> |
| EN | Engenharias |
| ESA | <i>European Space Agency</i> |
| EX | Exterior |
| FACITEC | Faculdade Janaúba |
| FAFICH | Faculdade de Goiatuba |
| IAG | Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas |
| IES | Instituição de Ensino Superior |
| IFRJ | Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro |
| INPE | Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais |
| ISRO | Indian Space Research Organisation |
| ITA | Instituto Tecnológico de Aeronáutica |

| | |
|-----------|--|
| LNA | Laboratório Nacional de Astrofísica |
| LNLS | Laboratório Nacional de Lu Síncroton |
| LQMS | Laboratórios de Química e Mineralogia de Solos |
| MACKENZIE | Universidade Presbiteriana Mackenzie |
| MO | Matéria Orgânica |
| NAI | <i>NASA Astrobiology Institute</i> |
| NAP | Núcleo de Pesquisa em Astrobiologia |
| NASA | National Aeronautics and Space Administration |
| NE | Nordeste |
| NO | Norte |
| ON | Observatório Nacional |
| OU | Outros |
| OV | Observatório Valongo |
| PCG | Primeira Contagem de Germinação |
| PEAD | Poliétileno de Alta Densidade |
| PET | Poli Tereftalato de Etila |
| PL | Plataforma Lattes |
| PUC | Pontifícia Universidade Católica |
| RB | Rocha Basáltica |
| SBA | Sociedade Brasileira de Astrobiologia |
| SD | Sudeste |
| SL | Sul |
| SM | Solo Marciano |
| ST | Solo Terrestre |
| TE | Tecnologias |
| UEFS | Universidade Estadual de Feira de Santana |
| UEL | Universidade Estadual de Londrina |
| UEM | Universidade Estadual de Maringá |
| UFABC | Universidade Federal do ABC |
| UFC | Universidade Federal do Ceará |
| UFES | Universidade Federal do Espírito Santo |
| UFG | Universidade Federal de Goiás |
| UFMA | Universidade Federal do Maranhão |
| UFPE | Universidade Federal do Pernambuco |

| | |
|---------|--|
| UFPR | Universidade Federal do Paraná |
| UFSB | Universidade Federal do Sul da Bahia |
| UFSC | Universidade Federal de Santa Catarina |
| UNEB | Universidade do Estado da Bahia |
| UNIFAP' | Universidade Federal do Amapá |
| UNIFESP | Universidade Federal de São Paulo |
| UNIVAP | Universidade do Vale da Paraíba |
| USP | Universidade de São Paulo |
| UTFPR | Universidade Tecnológica Federal do Paraná |

SUMÁRIO

| | | |
|-----------|--|----|
| | CONSIDERAÇÕES INICIAIS | 15 |
| 1 | INTRODUÇÃO – PARTE I | 17 |
| 2 | OBJETIVOS | 20 |
| 3 | PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL | 21 |
| 3.1 | ESPÉCIES TESTADAS | 21 |
| 3.2 | SOLOS | 22 |
| 3.3 | TESTES PILOTOS..... | 23 |
| 3.4 | ANÁLISES DE PRIMEIRA CONTAGEM DE GERMINAÇÃO, COMPRIMENTO DE RAIZ PRIMÁRIA E COMPRIMENTO DE PARTE AÉREA E ÁREA FOLIAR..... | 26 |
| 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO | 29 |
| 5 | CONCLUSÕES | 33 |
| 6 | INTRODUÇÃO – PARTE II | 35 |
| 7 | OBJETIVOS – PARTE II | 37 |
| 8 | METODOLOGIA DA PESQUISA | 38 |
| 8.1 | ESCOLHA DOS DESCRITORES DA PESQUISA..... | 38 |
| 8.2 | BASE DE DADOS UTILIZADAS | 38 |
| 8.3 | AMOSTRA DE POTENCIAIS PESQUISADORES EM ASTROBIOLOGIA..... | 40 |
| 8.4 | CONTATO COM OS POTENCIAIS PESQUISADORES EM ASTROBIOLOGIA | 40 |
| 8.5 | AMOSTRAGEM E ANÁLISE OBTIDA APÓS ENVIO DO QUESTIONÁRIO AOS POTENCIAIS PESQUISADORES | 41 |
| 8.6 | PERFIL DOS PESQUISADORES EM ASTROBIOLOGIA | 41 |
| 9 | RESULTADOS E DISCUSSÃO | 43 |
| 10 | CONCLUSÕES | 59 |
| | REFERÊNCIAS | 60 |
| | APÊNDICES | 65 |

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O presente trabalho está dividido em duas partes. O objetivo da parte I é apresentar a Astrobiologia aos alunos do ensino médio. O tema escolhido para introduzir a Astrobiologia aos alunos foi o que podemos chamar de “agricultura espacial”, ou seja produção de alimentos em outros planetas ou luas. Parte deste trabalho foi desenvolver testes pilotos de germinação e desenvolvimento de sementes de feijão e milho em um solo simulado, sendo que Marte foi o planeta escolhido para a simulação. Após o desenvolvimento das plantas, os participantes realizariam os seguintes testes para analisar se há diferença no desenvolvimento das plantas: primeira contagem de germinação, comprimento de raiz primária, comprimento de parte aérea e índice de área foliar. Uma parte deste trabalho seria observar as opiniões dos alunos participantes nesta atividade, contudo o surto da COVID-19, reconhecida pandemia mundial e a suspensão das aulas presenciais, impossibilitou a realização das atividades nos colégios selecionados.

Por conseguinte, para dar continuidade da realização do projeto na temática de Astrobiologia, o desdobramento desta pesquisa foi verificar quem são os pesquisadores que atuam na temática da Astrobiologia no Brasil, denominada Parte II. Para tanto, foi utilizado o catálogo de teses e dissertações da CAPES e a plataforma Lattes do CNPq. Após este levantamento será possível criar um instrumento de pesquisa nacional, uma ferramenta que busca guiar os interessados na área da Astrobiologia (seja alunos, professores ou mesmo o público em geral) em conhecer mais sobre a área e até mesmo auxiliando na busca de quem deseja realizar um curso de graduação ou pós-graduação que possua um elo com a Astrobiologia.

PARTE I

1.INTRODUÇÃO

1.1. ASTROBIOLOGIA

A astrobiologia é uma nova área da pesquisa científica que objetiva entender o fenômeno da vida na Terra e no Universo: sua origem, evolução, distribuição e futuro (GALANTE *et al*, 2016 e BLUMBERG, 2003). Assim, a astrobiologia tenta compreender o fenômeno da vida, baseada nas técnicas e no rigor da ciência moderna, com abordagem de diversas áreas científicas (RODRIGUES; GALANTE; AVELLAR, 2016). Essas áreas são diversificadas e destacam-se: a Astronomia, a Biologia, a Física, a Geologia e a Química (PAULINO-LIMA; LAGE, 2010).

1.2. EXPLORAÇÃO ESPACIAL EM MARTE

A busca por vida em outros planetas do sistema solar é tema da Astrobiologia. Marte é objeto de análises de cientistas do mundo todo desde 1960. De 2011 a 2021 oito missões exploratórias de agências espaciais do mundo todo foram enviadas para continuar a exploração do planeta vermelho.

A *Mars Science Laboratory*, da *National Aeronautics and Space Administration* (NASA), foi lançada em novembro de 2011 e aterrizou na Cratera Gale em agosto de 2012. A missão é composta pelo *rover Curiosity* e tem por objetivo buscar evidências que suportaram a vida microbiana (EUA, 2014).

A *Mars Atmosphere and Volatile Evolution Mission*, da NASA, foi lançada em novembro de 2013. A missão é composta por um orbitador e tem por objetivo explicar como o Sol tirou a maior parte da atmosfera de Marte, transformando um planeta possivelmente habitável para a vida microbiana em um planeta deserto, frio e ácido (EUA, 2013). Como Marte não tem um campo magnético global para proteger o planeta, a atmosfera marciana ficou exposta aos ventos solares, resultando numa perda significativa da sua atmosfera.

A *Mars Orbiter Mission*, da *Indian Space Research Organization* (ISRO), foi lançada em novembro de 2013. É a primeira missão espacial com destino a Marte. A missão é composta por um orbitador e teve como objetivo é desenvolver as tecnologias necessárias para o projeto, planejamento, gerenciamento e operações de uma missão

interplanetária, além de explorar as características da superfície de Marte, morfologia, mineralogia e atmosfera marciana (INDIA, [ca2015]).

O programa ExoMars foi lançada em março de 2016 e é uma cooperação entre a *European Space Agency*, (ESA) e a ROSCOSMOS, agência espacial russa. O programa consiste em duas missões: a primeira consiste no *Trace Gas Orbiter*, um orbitador que investigará a origem biológica ou geológica de gases importantes em Marte e a segunda missão foi o *lander* Schiaparelli, um módulo de demonstração de entrada, descida e pouso, que sofreu um acidente na descida ao planeta vermelho (PRODUCTION, 2015).

A *Insight*, da NASA, foi lançada em maio de 2018 e aterrisou na *Elysium Planitia* em novembro de 2018. A missão é composta pelo *lander Insight* e tem por objetivo estudar o interior profundo de Marte, tipicamente uma missão geofísica (EUA, 2018).

A *Mars 2020*, da NASA, foi lançada em julho de 2020 e aterrisou na cratera Jerezo em fevereiro de 2021. A missão é composta pelo *rover Perseverance* e tem por objetivo compreender a geologia marciana e buscar evidências de vida. Nessa campanha o *Perseverance* explorará duas unidades geológicas, coletará as primeiras amostras e começará a entender a *time-line* de formação da Cratera Jezero e descobrir se as rochas ali no fundo da cratera são de origem sedimentar ou ígnea. A missão também possui um helicóptero, o *Ingeniuty*, que tem como objetivo fazer um teste de tecnologia (EUA, 2020).

A *Emirates Mars Mission*, ou *HOPE* como é conhecida, é a primeira missão espacial à Marte dos Emirados Árabes Unidos. Foi lançada em julho de 2020. A missão é composta por um orbitador e usará uma órbita inédita ao redor do planeta que permitirá o estudo da atmosfera superior e inferior do planeta de forma simultânea (AGENCY, 2021).

Assim, a exploração marciana se dá por meio de orbitadores, *landers* ou *rovers*. Mas, futuramente isto mudará. A exploração de Marte *in loco* por humanos já é planejada por agências espaciais e empresas espaciais e isto abriu um novo leque na pesquisa científica e na astrobiologia que é a agricultura espacial e o desenvolvimento de plantas em condições extremas.

Assim, uma temática da Astrobiologia que pode ser utilizada em ações educacionais é a exploração espacial em Marte *in situ* e a agricultura espacial no planeta vermelho. Essa temática parece promissora para popularizar a astrobiologia e apresentar o método científico para alunos do ensino médio.

1.3. COMPOSIÇÃO DO SOLO MARCIANO

O solo marciano é uma mistura heterogênea de rochas vulcânicas derivadas localmente de composição basáltica parcialmente pulverizada por impactos, uma variedade de depósitos fluviais, sequências espessas de rochas sedimentares ricas em silicato e sulfato de possível origem marinha (CERTINI; SCALENGHE; AMUNDSON, 2009).

A crosta superior basáltica apresenta abundâncias de plagioclásio, piroxênio e minerais de olivina (EHLMANN; EDWARDS, 2014).

Os depósitos ricos em sílica têm sido interpretados como rochas altamente lixiviadas por fluidos ricos em sulfato de ácido em que fluidos de baixo pH dissolvem rochas basálticas, deixando para trás um resíduo de sílica (ARVIDSON, 2016).

A tonalidade avermelhada do solo marciano resulta de minerais de ferro, presumivelmente formados há alguns bilhões de anos, quando Marte era quente e úmido. No entanto, agora que Marte está frio e seco, a ferrugem moderna pode resultar de um superóxido que se forma em minerais expostos aos raios ultravioleta da luz solar (CERTINI; SCALENGHE; AMUNDSON, 2009).

2.OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

- Apresentar a ciência da Astrobiologia com o experimento sobre agricultura espacial para alunos do ensino médio;

2.2. OBJETIVO ESPECÍFICOS

- Executar testes pilotos, com feijão preto (*phaseolus vulgaris*) e milho (*zea mays L*) em solo terrestre e solo que mimetiza o marciano, para viabilizar a aplicação do experimento em escolas;
- Elaborar um roteiro experimental com a temática agricultura espacial;

3.PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Na parte I foi testado o cultivo de duas espécies em um solo simulado marciano (SM) e uma amostra de solo terrestre (ST). Os aprendizados desta primeira parte colaborariam para a elaboração de um roteiro experimental, com a temática agricultura espacial, para ser aplicado em turmas do primeiro ano do Ensino Médio.

3.1. ESPÉCIES TESTADAS

Para verificar a fertilidade dos solos foram escolhidas duas culturas: feijão preto (*phaseolus vulgaris*) e milho (*zea mays L*).

As sementes de feijão preto foram compradas em uma feira livre da cidade de Londrina.

A opção pelo cultivo de feijão preto se deu por dois motivos principais: o primeiro foi reproduzir o clássico plantio de sementes de feijão em algodão em um contexto de colonização espacial. O segundo motivo foi a possibilidade de aproximar a alimentação em outro planeta com um dos alimentos mais consumidos pelos brasileiros (SOUSA; SIMÕES, 2016).

O feijão apresenta teores de aminoácidos essenciais e não-essenciais, adequados às necessidades diárias de um indivíduo adulto, o que indica alta qualidade da proteína do feijão. As cultivares de feijão apresentam, em ordem decrescente, os aminoácidos essenciais: leucina, lisina, fenilalanina, valina, isoleucina, treonina, histidina e metionina; e os aminoácidos não-essenciais: ácido glutâmico, ácido aspártico, arginina, serina, alanina, glicina, tirosina, prolina e cisteína (RIBEIRO *et al.*, 2007).

E, as sementes de milho foram doadas pelo professor Dr. José Antônio Pimenta do Departamento de Biologia Animal e Vegetal do Centro de Ciências Biológicas (CCB) da Universidade Estadual de Londrina.

O milho é especialmente rico em carboidratos (70%), essencialmente o amido, o que o caracteriza como alimento energético (370 calorias em 100 g do grão). Outros importantes nutrientes estão presentes, como as gorduras (5 %) e as fibras dietéticas. Outro nutriente que se destaca como constituinte dos grãos do milho são as proteínas, cujos teores chegam, em média, a 9,5%. Entretanto, a proteína do milho comum é deficiente em dois componentes "essenciais", a lisina e o triptofano, dois dos oito

aminoácidos que o organismo humano não consegue produzir (RIBAS FILHO, 2015).

3.2. SOLOS

O SM foi preparado com três partes: pó de rocha basáltica (RB), areia grossa (AG) e matéria orgânica (MO). As proporções utilizadas foram, em volume: 70% de RB, 20% de AG e 10% de MO.

Estas proporções visavam criar condições para que o substrato simulasse um solo e fosse possível o crescimento das plantas de feijão.

Para o fornecimento de energia os 10% de matéria orgânica seriam suficientes para a atividade biológica atacar o pó de basalto e mineralizar nutrientes para as plantas. Para criar porosidade no solo os 20% de areia seriam suficientes para o crescimento radicular e a retenção de água. E, os 70% de pó de basalto seriam suficientes para compor a maior parte do solo que após reação com os organismos da matéria orgânica poderiam liberar nutrientes e dar sustentação às raízes das plantas.

Os materiais foram misturados em um recipiente de polipropileno de 15 litros e utilizados após 20 dias para homogeneização da MO com a RB e AG.

A RB utilizada foi retirada da Pedreira Ingá localizada na cidade de Maringá no Estado do Paraná. A RB foi cedida pelo Laboratório de Química e Mineralogia de Solos (LQMS) da Universidade Estadual de Maringá (UEM).

A areia utilizada foi do tipo de construção civil grossa, com diâmetros de grãos entre $0,6 < d \leq 2$ mm.

A fonte de matéria orgânica (MO) utilizada foi um produto de fermentação anaeróbica oriundo de fezes, urina, água não consumida e restos de ração de uma granja comercial de suínos cedido pelo professor Dr. Caio Abércio da Silva do Departamento de Zootecnia da Universidade Estadual de Londrina (UEL).

A condutividade elétrica do fermentado foi corrigida para $1,0 \text{ dS.cm}^{-1}$ com água destilada utilizando um condutivímetro de bancada, com condutividade elétrica de $1,8 \mu\text{S.cm}^{-1}$. A condutividade elétrica do fermentado bruto era de 12 mS.cm^{-1} . A correção na condutividade elétrica da fonte de MO foi realizada para minimizar os efeitos de salinidade no solo, já que tal processo afeta a germinação e a densidade das culturas, diminuindo a produtividade (FLORES *et al.*, 2002).

O ST foi uma amostra de solo argiloso da cidade de Londrina, estado do

Paraná.

3.3. TESTES PILOTOS

Após a seleção das espécies cultivadas e o preparo do SM foram realizados três testes pilotos para aprimorar a execução deste experimento e realizar adaptações para a futura aplicação em um ambiente escolar.

3.3.1 Teste Piloto I

O objetivo do teste piloto I foi verificar o desenvolvimento do feijão preto em SM. Assim, o plantio foi realizado na casa de vegetação do CCB do Departamento de Biologia da UEL. A casa de vegetação possui sistema de irrigação automática e é coberto por tela de sombreamento, que é confeccionada com fios de polietileno de alta densidade. A tela ajuda na proteção contra o ataque de pragas e perturbações climática naturais, como vento, chuva, granizo e geada, sem prejudicar a passagem de ar e ameniza a entrada da luz solar.

O vaso de plantio utilizado para plantar as sementes foram tubetes de seis estrias. Os tubetes para mudas apresentam formato cônico e seis estrias internas, garantindo que as raízes se desenvolvam e as direcionem para a abertura inferior dos mesmo. Os principais benefícios são: melhor desenvolvimento do sistema radicular; economia de substrato/solo; impedem o enovelamento das raízes; facilidade no manuseio e transporte; Reutilizável. Foram plantadas 60 sementes, 30 em ST e 30 em SM.

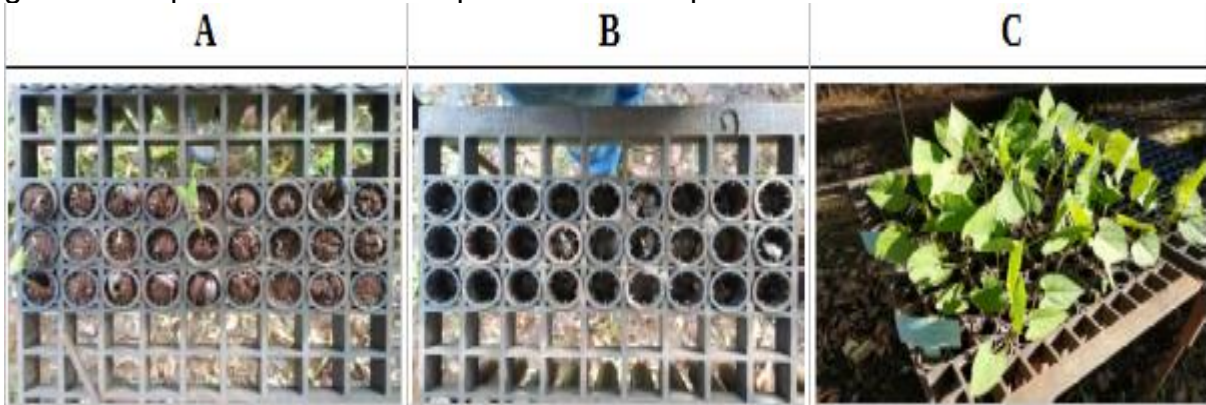
Para evitar a perda de solo nos tubetes foi colocado um pedaço gaze cirúrgica, na parte inferior do tubete, com área aproximada de 200 cm².

O teste foi realizado nos meses de maio e junho de 2019.

Após 30 dias do plantio as plantas foram retiradas dos tubetes com cuidado para preservar as raízes primárias e enxaguadas com água corrente para retirar o excesso de solo impregnado.

Na figura 1 é mostrado fotografias com o experimento com 7 dias após o plantio em ST (fotografia A), SM (fotografia B) e (fotografia C) o experimento após 30 dias.

Figura 1 - Fotografias do teste piloto I. (A) Feijão-preto em ST após 7 dias o plantio da semente, (B) Feijão-preto em SM após 7 dias do plantio da semente, e (C) visão geral do suporte dos tubetes após 30 dias do plantio das sementes em ST e SM.



Fonte: o próprio autor.

3.3.2 Teste Piloto II

O teste piloto II teve como objetivo substituir os tubetes e o suporte dos vasos utilizados no Teste Piloto I com materiais alternativos. A cultura escolhida também foi o feijão preto.

Os vasos de plantio alternativo escolhidos foram garrafas PET de 500 mL com o formato alongado. As garrafas foram previamente lavadas com água corrente e o rótulo foi retirado.

Para duplicar o número de sementes plantadas no experimento, foi colocado na garrafa PET um pedaço de 5 x 15 cm de folha plástica produzida em polipropileno.

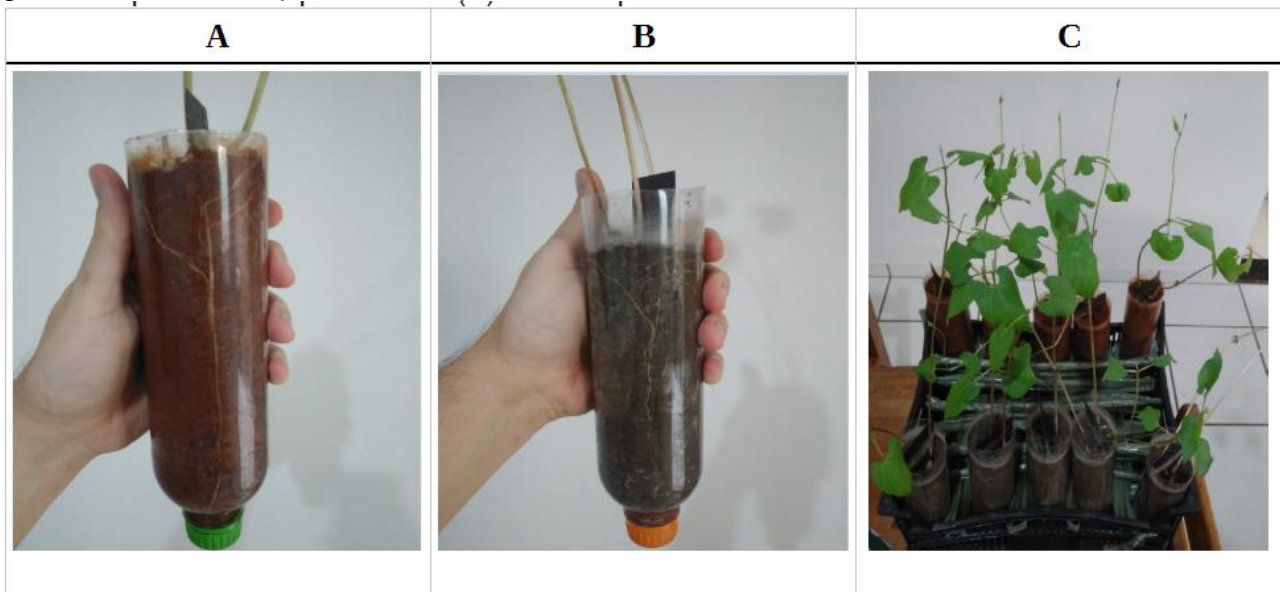
Como suporte dos vasos de plantio foi utilizado uma caixa plástica tipo hortifruti vazada, com medidas aproximadas de 40,5 x 30,5 x 16,5 cm (largura, comprimento e altura) fabricada em Polietileno de Alta Densidade (PEAD).

Foram plantadas 20 sementes, 10 em ST e 10 em SM. Após o plantio o experimento foi conduzido dentro do laboratório de Química da Universidade Federal do Paraná (UFPR), campus avançado em Jandaia do Sul.

O teste piloto II foi realizado no mês de maio de 2019. Após 30 dias do plantio as plantas foram retiradas dos tubetes com cuidado para preservar as raízes primárias e enxaguadas com água corrente para retirar o excesso de solo impregnado.

Na figura 2 é mostrado fotografias do experimento após 30 dias do plantio das sementes em ST (fotografia A) e SM (fotografia B) e a visão geral dos vasos de plantios e suporte dos vasos (fotografia C).

Figura 2 - Fotos do teste piloto II. (A) Vaso de plantio em ST após 30 dias do plantio das sementes, (B) Vaso de plantio em SM após 30 dias do plantio das sementes e (C) visão geral dos vasos de plantios e suporte dos vasos.



Fonte: o próprio autor.

3.3.3 Teste Piloto III

O teste piloto III teve como objetivo desenvolver um novo suporte dos vasos de plantio e testar uma nova opção de cultura (figura 3). Além do feijão preto, também foi cultivado sementes de milho.

O vaso de plantio utilizado foi a garrafa PET do teste piloto II. Aqui o vaso de plantio foi encoberto com um saco plástico, confeccionado em polietileno de baixa densidade, com um pedaço suficiente para circundar a garrafa PET para evitar efeitos de fotomorfogênese (BRASILIA, 2003).

Assim como no teste piloto I o plantio também foi realizado na casa de vegetação do CCB do Departamento de Biologia da UEL.

Como suporte dos vasos de plantio foi elaborado um suporte de tubos de PVC de 100 mm junto com joelhos de 90° também de 100 mm. Os furos na estrutura foram feitos com auxílio de uma furadeira e uma serra copo de 64 mm.

Foram plantadas 80 sementes: 20 em ST de feijão preto, 20 em SM de feijão preto, 20 em ST de milho e 20 em SM de milho.

O teste piloto III foi realizado nos meses de novembro e dezembro de 2019.

Após 30 dias do plantio das sementes as plantas foram retiradas dos garrafas PET

com cuidado para preservar as raízes primárias e foram enxaguadas com água corrente para retirar o excesso de solo impregnado.

Na figura 3 é mostrado o final do teste II: (A) vaso de plantio com ST, (B) vaso de plantio com SM e (C) a visão geral do experimento antes de ser desmontado.

Figura 3 - Fotos do teste piloto III. (A) Vaso de plantio com ST e SM após sete dias do experimento, (B) Vaso de plantio após fim do experimento, (C) plântula de feijão em ST (esquerda) e SM (direita) e (D) plântula de milho em ST (esquerda) e em SM (direita).



Fonte: o próprio autor.

3.4. ANÁLISES DE PRIMEIRA CONTAGEM DE GERMINAÇÃO, COMPRIMENTO DE RAIZ PRIMÁRIA E COMPRIMENTO DE PARTE AÉREA E ÁREA FOLIAR

A qualidade fisiológica do crescimento das plântulas cultivadas nos solos ST e SM foram avaliadas mediante quatro análises: primeira contagem de germinação (PCG), comprimento de raiz primária (CRP), comprimento de parte aérea (CPA) (KAPPES *et al*,

2012) e área foliar (AF).

Após o final do experimento, as plantas foram retiradas dos vasos de plantio e o excesso de solo foi retirado com água corrente com o cuidado para não ocorrer perda das raízes primárias e colocados sob folhas de papel toalha.

3.4.1 Primeira contagem de germinação (PCG)

A PCG foi realizada contando a porcentagem de plântula normais, após o término do experimento (BRASIL, 2009). Para obter a porcentagem foi utilizada a equação 1.

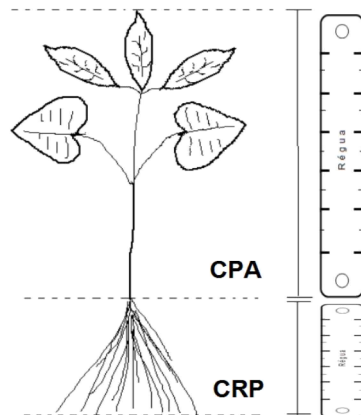
$$PGC = \frac{\text{número total de plantas adultas}}{\text{número total de sementes plantadas}} \times 100\% \quad (1)$$

3.4.2 Comprimento de parte aérea (CPA) e Comprimento de raiz primária (CRP)

A medida de CRP e CPA foi realizada com auxílio de régua milimétrica. A medida de CRP é realizada da base do caule até a ponta da raiz primária. A medida de CPA é realizada da base do caule até o ápice da parte aérea (KAPPES *et al*, 2012).

A figura 4 representa as medidas de CPA e CRP.

Figura 4 - Representação da técnica de realização das análises de CPA e CRP.



Fonte: o próprio autor.

3.4.3 Área foliar (AF)

A AF foi realizada por um integrador de área foliar da marca LI-COR®, modelo LI 3100. As folhas de cada planta foram retiradas do caule e colocadas na correia transparente inferior e elas foram automaticamente transportadas pela plataforma de digitalização. Um rolo de prensa aplaina todas as bordas enroladas e alimenta as folhas corretamente entre as correias transparentes antes de entrarem no scanner, garantindo que toda a área seja representada em cada medição. As folhas são ejetadas do leito de digitalização após serem medidas.

Com os resultados das análises foi realizada a análise da variância (ANOVA) fator único com nível de significância em 5%, com o software LibreOffice Calc.

4.RESULTADOS E DISCUSSÃO

No teste piloto I foi realizado as análises de PCG, CPA e AF. Para a análise de PCG foram consideradas todas as plântulas e para as análises de CPA e AF foram consideradas sete subamostras de plântulas normais por tipo de solo para a realização das análises.

A análise de PCG apresentou valor de 80% para ST e 70% para SM. Ou seja, para o ST 80% das sementes de feijão preto geraram plântulas adultas normais e para SM 70% das sementes de feijão preto geraram plântulas adultas normais.

A tabela 1 mostra os dados das análises de PCG, CPA e AF para ST e SM.

Tabela 1 - Resultados das análises de PCG, comprimento de parte aérea (CPA) e área foliar (AF) para solo terrestre (ST) e solo tipo marciano (SM) no teste piloto I.

| PCG (%) | ST | | SM | |
|----------------------|-------------|-------------|-----------------------|-------------|
| | 80 | | 70 | |
| Plantas | CPA (cm) | | AF (cm ²) | |
| | ST | SM | ST | SM |
| 1 | 14,7 | 13,0 | 79 | 47 |
| 2 | 14,0 | 12,8 | 64 | 60 |
| 3 | 12,5 | 14,7 | 81 | 54 |
| 4 | 16,3 | 14,4 | 72 | 49 |
| 5 | 13,0 | 13,5 | 94 | 37 |
| 6 | 15,2 | 14,0 | 74 | 42 |
| 7 | 15,1 | 13,6 | 62 | 45 |
| Média | 14,4 | 13,7 | 75,2 | 47,6 |
| Desvio padrão | 1,22 | 0,60 | 10,2 | 7,2 |

Fonte: o próprio autor.

Além da maior taxa de PCG, a média das análises de CPA e AF para o ST é maior do que SM. Existe diferença significativa ($p < 0,05$) para as análises de AF, ou seja a diferença entre os solos representou médias estatisticamente diferentes.

Não foi possível realizar a análise de CRP no teste piloto I. Com a introdução da gaze dentro do tubete, a raiz se desenvolveu por entre a gaze. Assim, quando o experimento foi desmontado, todas as amostras apresentaram perda de raiz para a retirada da gaze, impossibilitando uma análise correta.

Foi observado compactação do SM dentro dos tubetes, conforme a figura 1. Tal fator pode ter limitado a germinação das sementes neste solo.

Nas plântulas do teste piloto II não foram realizadas as análises nas plântulas. Isto porque as amostras apresentaram o fenômeno de estiolamento, que corresponde ao desenvolvimento anormal das plantas devido a ausência de luz, que causa crescimento geralmente alongado, produzindo tecidos de coloração amarela ou branca devido à ausência de clorofila. O estiolamento também pode ocorrer quando o número de plantas por unidade de área for muito elevado (BRASILIA, 2003).

O teste piloto II mostrou que a aplicação do experimento no ambiente escolar deve ser realizado numa área aberta e não dentro da sala de aula ou laboratório.

O uso da garrafa PET como vaso de plantio se mostrou uma alternativa viável aos tubetes para o desenvolvimento da raiz.

No teste piloto III foi realizado as análises de PCG, CRP, CPA e AF. Para a análise de PCG foi considerada todas as amostras, tanto para o feijão preto quanto para o milho, e para as análises de CRP, CPA e AF foram consideradas nove subamostras de plântulas normais por tipo de solo para o milho e oito subamostras de plântulas normais por tipo de solo para o feijão preto.

A análise de PCG das plântulas de feijão preto apresentaram valor de 60% em ST e 40% em SM.

A tabela 2 mostra os dados das análises de CRP, CPA e AF para ST e SM do feijão preto.

Tabela 2 - Resultados das análises de PCG, comprimento de raiz primária (CRP), comprimento de parte aérea (CPA) e área foliar (AF) para o solo terrestre (ST) e solo tipo marciano (SM) no teste piloto III do feijão preto.

| PCG (%) | ST | | SM | | | |
|----------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-----------------------|--------------|
| | 60 | | 40 | | | |
| Plântulas | CRP (cm) | | CPA (cm) | | AF (cm ²) | |
| | ST | SM | ST | SM | ST | SM |
| 1 | 38,2 | 43,0 | 12,5 | 8,5 | 152 | 109 |
| 2 | 27,8 | 28,5 | 11,5 | 11,5 | 282 | 104 |
| 3 | 38,0 | 31,2 | 12,7 | 8,8 | 150 | 69 |
| 4 | 29,1 | 43,5 | 12,0 | 11,5 | 127 | 53 |
| 5 | 28,5 | 24,5 | 9,8 | 11,0 | 202 | 52 |
| 6 | 27,5 | 25,5 | 11,0 | 9,5 | 151 | 59 |
| 7 | 35,5 | 24,5 | 11,5 | 9,5 | 107 | 91 |
| 8 | 26,0 | 23,0 | 11,7 | 10,5 | 194 | 98 |
| Média | 31,3 | 30,5 | 11,6 | 10,1 | 171 | 79 |
| Desvio Padrão | 5,04 | 8,31 | 0,91 | 1,19 | 54,87 | 23,81 |

Fonte: o próprio autor.

A média das análises de CRP, CPA e AF para as sementes de feijão preto em ST é maior do que SM. Existe diferença significativa ($p < 0,05$) para as análises de CPA e AF entre os tratamentos utilizados no experimento (ST e SM).

A análise de PCG das plântulas de milho apresentaram valor de 100% em ST e SM. A tabela 3 mostra os dados das análises de CRP, CPA e AF para ST e SM do milho.

Tabela 3 - Resultados das análises de PCG, comprimento de raiz primária (CRP), comprimento de parte aérea (CPA) e área foliar (AF) para o solo terrestre (ST) e solo tipo marciano (SM) no teste piloto III do milho.

| PCG (%) | ST | | SM | | | |
|----------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-----------------------|--------------|
| | 100 | | 100 | | | |
| Plântulas | CRP (cm) | | CPA (cm) | | AF (cm ²) | |
| | ST | SM | ST | SM | ST | SM |
| 1 | 40,2 | 39,0 | 35,7 | 25,0 | 174 | 82 |
| 2 | 41,9 | 35,0 | 35,5 | 27,0 | 160 | 95 |
| 3 | 42,0 | 39,8 | 39,5 | 25,2 | 127 | 76 |
| 4 | 43,1 | 32,3 | 34,5 | 24,1 | 148 | 99 |
| 5 | 40,8 | 34,9 | 37,4 | 24,4 | 127 | 83 |
| 6 | 48,5 | 35,9 | 40,0 | 25,4 | 167 | 95 |
| 7 | 55,4 | 41,9 | 36,5 | 27,0 | 134 | 66 |
| 8 | 40,0 | 39,3 | 37,5 | 26,9 | 130 | 86 |
| 9 | 55,5 | 32,7 | 37,5 | 27,4 | 138 | 79 |
| Média | 45,3 | 36,8 | 37,1 | 25,8 | 144 | 84 |
| Desvio Padrão | 6,30 | 3,37 | 1,81 | 1,26 | 17,93 | 10,49 |

Fonte: o próprio autor.

A média das análises de CRP, CPA e AF para as sementes de milho em ST é maior do que SM. Houve diferença significativa ($p < 0,05$) para as análises de CRP, CPA e AF entre os tratamentos utilizados no experimento (ST e SM).

Os menores valores das análises em SM em relação a ST pode ser um gargalo interessante no momento da aplicação do experimento com os alunos, proporcionando discussão em formas de melhorar a produção alimentícia em Marte e de certa forma, divulgando a temática da Astrobiologia entre os alunos.

4.1. PROPOSTA DE PRODUTO EDUCACIONAL

Com os dados dos testes pilotos I, II e III foi elaborado uma proposta de produto educacional. Tal material é um roteiro experimento para ser aplicado como atividade com alunos do primeiro ano do Ensino Médio. O arquivo completo está no apêndice 2.

5. CONCLUSÕES

As sementes de feijão-preto compradas em feira livre apresentaram valores de PCG que possibilitou a implantação e execução do experimento nas escolas de acordo com os valores de PCG nos testes piloto I e III.

Assim como a substituição dos tubetes pelas garrafas PET alongadas como vaso de plantio permitiu o desenvolvimento normal das raízes de acordo com o teste piloto II.

O resultado do teste piloto II mostrou que a realização do experimento com feijão-preto em ambientes poucos iluminados podem acarretar o processo de estiolamento e o desenvolvimento anormal das plantas.

As análises de PCG, CPA, CRP e AF mostrou maiores médias em ST comparado com SM tanto para o feijão quanto para o milho.

As características das análises de PCG, CPA e CRP se mostram acessíveis para a realização no ambiente escolar, com a utilização materiais simples como régua e tesoura.

PARTE II

6. INTRODUÇÃO – PARTE II

6.1. BREVE HISTÓRIA DA ASTROBIOLOGIA NO BRASIL

Em 1958 foi publicado o livro “Introdução à Astrobiologia” de autoria do professor de História Natural do Colégio Rio Branco, Flavio Augusto Pereira, sendo que esta foi a primeira vez que a palavra Astrobiologia foi usada no Brasil. O livro auxiliou na divulgação da astrobiologia no país e apresenta conceitos básicos ainda válidos, como zonas habitáveis, origem da vida e micro-organismos extremófilos (RODRIGUES *et al*, 2012).

Em 2006 foi organizado o Primeiro Workshop Brasileiro de Astrobiologia na cidade do Rio de Janeiro. O evento objetivava a troca de experiências e a interação de pesquisadores e discentes de pós-graduação de diversas áreas que estudavam ou tinham interesse em começar carreira nos tópicos relacionados à Astrobiologia (PAULINO-LIMA; LAGE, 2010).

O Workshop contou com dois palestrantes de instituições internacionais: o professor David Catling da *Bristol University* e a professora Janet Siefert da *Rice University* (RODRIGUES *et al*, 2012). No evento foram apresentados 60 trabalhos, entre apresentações orais e pôsteres, divididos em quatro áreas de concentração: Astronomia (21 trabalhos), Astrobiologia (19 trabalhos), Biologia (16 trabalhos) e Ensino de Ciências (04 trabalhos) (PAULINO-LIMA; LAGE, 2010).

No ano de 2009 foi iniciada a construção do Laboratório de Astrobiologia, chamado de Astrolab, laboratório multidisciplinar e *open-user* totalmente dedicado à pesquisa em Astrobiologia. O laboratório é vinculado ao Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas (IAG) da Universidade de São Paulo (USP) e é localizado na cidade de Valinhos no Estado de São Paulo junto ao Observatório Abrahão de Moraes. Os focos de pesquisa iniciais do AstroLab eram temas relacionados a microbiologia ambiental, simulações experimentais usando câmaras e experimentos teóricos. Este foco foi expandido devido demandas da comunidade científica (RODRIGUES *et al*, 2012).

E, em 2011 foi criado o Núcleo de Pesquisa em Astrobiologia (NAP/Astrobio), com o objetivo de proporcionar um ambiente multidisciplinar onde os pesquisadores pudessem interagir. O NAP/Astrobio foi oficialmente sediado no AstroLab. Desde 2012 o NAP/Astrobio é parceiro internacional de importantes centros de pesquisa no mundo, como o Instituto de Astrobiologia da NASA (NAI) e a Associação Europeia de Redes de

Astrobiologia (*EANA*), possibilitando grandes oportunidades de intercâmbio e colaboração (RODRIGUES *et al*, 2012).

Em 2013 foi organizado o Segundo Workshop Brasileiro de Astrobiologia na cidade do Guarujá no estado de São Paulo. O evento estimulou a colaboração entre os pesquisadores brasileiros da área, por meio de apresentações orais e painéis. Ao todo foram apresentados mais de trinta trabalhos, que abrangeram as temáticas da química prebiótica e a origem da vida, exoplanetas e habitabilidade, extremófilos, astroquímica, paleobiologia e divulgação e ensino de astrobiologia. O evento contou com três palestrantes de instituições internacionais: Natalie Batalha (*NASA – Space Science Division*), Hideo Hashizume (*National Institute for Material Science*) e Armando Azua (*PUC – Chile*) (RODRIGUES *et al*, 2012).

O lançamento do livro “Astrobiologia: uma ciência emergente” foi um importante marco trilhado por pesquisadores brasileiros para a bibliografia brasileira em Astrobiologia. Lançado em 2016, o livro é constituído por dezesseis capítulos temáticos sobre os principais tópicos da Astrobiologia. Entre a organização e autores de capítulo participaram mais de vinte pesquisadores. O livro está disponível para download no site do IAG (<https://www.iag.usp.br/astrobiologia/sites/default/files/astrobiologia.pdf>) (GALANTE *et al.*, 2016) .

E, em 2017 foi criada a Sociedade Brasileira de Astrobiologia (SBAstrobio). Em 2018 foi realizada a primeira reunião anual da sociedade na Universidade Cruzeiro do Sul, na cidade de São Paulo. Já em 2019 a segunda edição da reunião foi realizada no IAG/USP. O evento teve como objetivo reunir os associados, apresentar os trabalhos que estavam sendo realizados pela comunidade brasileira e discutir o rumo dessa área de pesquisa no país (RODRIGUES *et al*, 2012).

7.OBJETIVOS – PARTE II

7.1. OBJETIVO GERAL

- Analisar o perfil dos pesquisadores que desenvolvem pesquisa científica em Astrobiologia no Brasil;

7.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Desenvolver uma metodologia de pesquisa, utilizando a plataforma do Lattes do CNPq e o Banco de Teses e Dissertações da CAPES, para elencar os pesquisadores que desenvolvem pesquisa científica em Astrobiologia no Brasil
- Elaborar um guia nacional de instituições do ensino superior ou centro de pesquisa que possuem pelo menos um pesquisador que atua na Astrobiologia para futuros alunos de graduação ou pós-graduação;

8.METODOLOGIA DA PESQUISA

A pesquisa foi realizada entre os meses de setembro a novembro do ano de 2020.

8.1. ESCOLHA DOS DESCRITORES DA PESQUISA

Para iniciar o levantamento dos pesquisadores foram escolhidos sete descritores: astrobiologia, *astrobiology*, astroquímica, extremófilos, *meteorites*, “planetas habitáveis” e “química prebiótica”.

A escolha destes descritores se deu ao longo do período de estudo sobre a temática Astrobiologia. As principais fontes de embasamento foram: pela leitura do livro desenvolvido por pesquisadores brasileiros “Astrobiologia: uma ciência emergente” (GALANTE et al, 2016) e pelo sub-capítulo “*History of Brazilian research in topics related to astrobiology*” do artigo (RODRIGUES et al, 2012) onde foi feito um breve relato dos pesquisadores brasileiros que atuam na área da Astrobiologia e suas áreas temáticas.

A validação e complementação destes descritores foi realizada pelo orientador deste trabalho com grande experiência na temática da Astrobiologia.

8.2. BASE DE DADOS UTILIZADAS

Após a escolha dos descritores da pesquisa foram escolhidos duas bases de dados nacionais.

O primeiro banco de dados utilizado foi a plataforma Lattes (PL) do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) (BRASIL, 2020).

A PL é um banco de dados de currículos, no qual são armazenados de forma integrada os currículos acadêmicos de pesquisadores de instituições públicas e privadas no Brasil. Assim, as informações contidas na plataforma podem ser utilizadas para identificar pesquisadores de diferentes áreas do conhecimento (ANDRADE, 2016).

Os parâmetros utilizados na PL foram: na aba de busca por currículos foi selecionado o modo de busca por *assunto* (e foram utilizados os sete descritores da pesquisa) e nas bases da formação acadêmica do pesquisador foi selecionado a opção *doutor*.

O número de pesquisadores encontrados na plataforma Lattes em cada descritor estão listados na tabela 4.

Tabela 4 - Número de currículos encontrados na Plataforma Lattes por descritor.

| Descritores utilizados | Número de pesquisadores |
|-------------------------------|--------------------------------|
| Astrobiologia | 194 |
| <i>Astrobiology</i> | 80 |
| Astroquímica | 74 |
| Extremófilos | 88 |
| <i>Meteorites</i> | 68 |
| “Planetas Habitáveis” | 08 |
| “Química prebiótica” | 19 |
| Total Geral | 531 |

Fonte: Próprio autor.

A outra base de dado utilizado foi o catálogo de teses e dissertações (BTD) da CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) (BRASIL, 2020).

A BTD é uma plataforma que tem como objetivo facilitar o acesso a informações sobre teses e dissertações defendidas junto a programas de pós-graduação do país, além de disponibilizar informações estatísticas acerca deste tipo de produção intelectual.

Na BTD só é permitido a busca por termos e foram utilizados os sete descritores selecionados para esta pesquisa.

O número de teses e dissertações, além do número de pesquisadores encontrados no BTD em cada descritor estão listados na tabela 5.

Tabela 5 - Número de teses e dissertação e número de pesquisadores obtidos em pesquisa no Banco de Teses e Dissertações da CAPES por descritor.

| Descritores utilizados | Número de teses e dissertações | Número de pesquisadores |
|-------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------|
| Astrobiologia | 40 | 27 |
| <i>Astrobiology</i> | 20 | 16 |
| Astroquímica | 31 | 18 |
| Extremófilos | 28 | 24 |
| Meteorites | 23 | 20 |
| “Planetas Habitáveis” | 01 | 01 |
| “Química prebiótica” | 11 | 04 |
| Total Geral | 104 | 110 |

Fonte: Próprio autor.

Nesta pesquisa foram considerados não somente como pesquisadores aqueles docentes que orientaram projetos de tese ou dissertação, mas também foram considerados pesquisadores que coorientaram estas pesquisas, desde que constassem no banco de dados de conclusão das teses e dissertações analisados.

8.3. AMOSTRA DE POTENCIAIS PESQUISADORES EM ASTROBIOLOGIA

Após pesquisa na PL e BTD o número total de currículos encontrados foram 641. Foram excluídos pesquisadores em duplicidade na pesquisa com os descritores numa mesma base de dados e posteriormente foram excluídos pesquisadores em duplicidade entre as bases de dados. A tabela 6 mostra os dados.

Tabela 6 - Resultado das coletas das pesquisas na PL e BTD e exclusões em duplicidade nas bases de dados e entre as bases de dados.

| Inclusão e Exclusões | Quantidade |
|--|-------------------|
| (=) Total de pesquisadores encontrados nas pesquisas na PL e BTD | 641 |
| (-) Total de pesquisadores em duplicidade nos descritores da pesquisa na PL | 121 |
| (-) Total de pesquisadores em duplicidade nos descritores da pesquisa na BTD | 26 |
| (-) Total de pesquisadores em duplicidade nas pesquisas PL e BTD | 34 |
| Amostra de potenciais pesquisadores em Astrobiologia | 460 |

Fonte: Próprio autor.

Assim o número de potenciais pesquisadores que atuam com pesquisa científica em Astrobiologia no Brasil se reduziu para 460.

8.4. CONTATO COM OS POTENCIAIS PESQUISADORES EM ASTROBIOLOGIA

Após delimitar o grupo de potenciais pesquisadores em Astrobiologia foi realizado o contato com estes pesquisadores por meio da PL.

Após pesquisa pelo nome do docente na PL existe uma aba de “*Contato*”, onde é possível encaminhar uma mensagem para o pesquisador. Esta mensagem foi encaminhada para o endereço de e-mail cadastrado pelo pesquisador na PL.

Nesta mensagem é possível identificar o remetente da mensagem, o endereço de e-mail do remetente, o assunto da mensagem e a mensagem completa. A mensagem enviada aos pesquisadores está descrita no apêndice 2.

A opção pelo envio pela PL se deu justamente pelo endereço de e-mail do pesquisado já cadastrado na plataforma.

A PL permite o envio de cinco mensagens por endereço de e-mail do remetente por dia. Para acelerar este processo foram utilizadas três contas pessoais de *e-mail*.

8.5. AMOSTRAGEM E ANÁLISE OBTIDA APÓS ENVIO DO QUESTIONÁRIO AOS POTENCIAIS PESQUISADORES

Dos 460 pesquisadores potenciais, 345 pesquisadores não responderam o questionário enviado por e-mail. Além disto, oito e-mails não puderam ser entregues no endereço de e-mail cadastrado pelos pesquisadores. A tabela 7 mostra a amostragem de pesquisadores participantes da pesquisa.

Tabela 7 - Número total de pesquisadores participantes da pesquisa.

| Inclusões e Exclusões | Quantidade |
|--|------------|
| (=) Total de pesquisadores potenciais | 460 |
| (-) Total de pesquisadores que não responderam ao questionário | 345 |
| (-) Total de pesquisadores que não foi possível entregar o questionário no e-mail cadastrado na PL | 08 |
| (=) Amostra de pesquisadores que responderam ao questionário | 107 |
| (-) Total de pesquisadores que afirmaram não atuar em Astrobiologia | 62 |
| (=) Total de pesquisadores que afirmaram atuar em Astrobiologia | 45 |

Fonte: Próprio autor.

Dos 107 pesquisadores que responderam a mensagem de e-mail, 62 afirmaram que não atuam com Astrobiologia como linha de pesquisa e 45 afirmaram que a Astrobiologia é uma das linhas de sua pesquisa científica.

Estes 45 pesquisadores em Astrobiologia foram catalogados, por ordem alfabética, pelos números de 1 a 45 até o final deste trabalho.

8.6. PERFIL DOS PESQUISADORES EM ASTROBIOLOGIA

Por meio da análise do currículo Lattes dos pesquisadores em Astrobiologia foi realizada um levantamento da nacionalidade, gênero e formação acadêmica destes pesquisadores: graduação, doutorado e pós-doutorado.

E também foi realizada uma pesquisa dos vínculos empregatícios destes pesquisadores.

9.RESULTADOS E DISCUSSÃO

9.1. PERFIL DOS PESQUISADORES – NACIONALIDADE E FORMAÇÃO ACADÊMICA

As nacionalidades dos pesquisadores em Astrobiologia são: brasileira (42), argentina (1), italiana (1) e peruana (1).

Os pesquisadores concluíram 56 cursos de graduação. 36 pesquisadores finalizaram apenas um curso, oito pesquisadores finalizaram dois cursos e um pesquisador finalizou quatro cursos de graduação.

Os términos dos cursos de graduação foram separados por décadas: 1960 (2), 1970 (04), 1980 (10), 1990 (13), 2000 (18), 2010 (08) e 2020 (01).

Os cursos de graduação finalizados foram categorizados de acordo com a árvore do Conhecimento disponibilizado pelo CNPq: Ciências Exatas e da Terra (29), Ciências Biológicas (13), Ciências Humanas (5), Outros (4), Engenharias (4) e Tecnologias (1).

Além da categorização de acordo com a árvore do Conhecimento disponibilizado pelo CNPq, também se realizou a divisão pelas áreas do Conhecimento.

A tabela 8 mostra o detalhamento de todos os cursos das Grandes Áreas com o respectivo quantitativo de pesquisadores em cada área do conhecimento.

Tabela 8 - Distribuição dos cursos de graduação nas Grandes Áreas e Áreas do Conhecimento com seus respectivos quantitativos de pesquisadores.

| Grande área: Ciências Exatas e da Terra | |
|--|--------------------------------------|
| Área | Quantitativo de pesquisadores |
| Física | 15 |
| Química | 06 |
| Astronomia | 06 |
| Geociências | 01 |
| Matemática | 01 |
| Grande área: Ciências Biológicas | |
| Área | Quantitativo de pesquisadores |
| Ciências Biológicas | 12 |
| Biotechnology | 01 |
| Grande área: Engenharias | |
| Área | Quantitativo de pesquisadores |

| | |
|---|--------------------------------------|
| Engenharia Elétrica | 01 |
| Engenharia Energética Nuclear | 01 |
| Engenharia Nuclear | 01 |
| Engenharia Química | 01 |
| Grande área: Ciências Humanas | |
| Área | Quantitativo de pesquisadores |
| Filosofia | 03 |
| Pedagogia | 01 |
| Teologia | 01 |
| Grande área: Tecnologias | |
| Área | Quantitativo de pesquisadores |
| Tecnólogo em Big Data e Inteligência Artificial | 01 |
| Grande área: Outras | |
| Área | Quantitativo de pesquisadores |
| Ciências Moleculares* | 04 |

Fonte: Próprio autor

Pela análise do currículo Lattes dos 15 profissionais formados em Física foi possível observar que seis deles são formados na modalidade bacharelado e quatro são formados na modalidade de licenciatura. Em cinco deles havia somente o termo genérico “graduação em física”.

A mesma separação por modalidades pode ser feita para os formados em Matemática, Química e Ciências Biológicas. O matemático é formado na modalidade licenciatura.

Dos seis profissionais formados em Química, três são formados na modalidade bacharelado e dois são formados na modalidade da licenciatura. Em um currículo havia somente o termo genérico “graduação em química”.

Os 12 pesquisadores formados em Ciências Biológicas são organizados da seguinte forma: três possuem formação na modalidade bacharelado, três formados na modalidade licenciatura e um formado em ciências biológicas com modalidade médica. Em cinco currículos havia somente o termo genérico “graduação em Biologia” ou o termo “Ciências Biológicas”.

Os seis astrônomos são formados por apenas duas universidades: cinco são formados pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e um astrônomo é formado pela Universidade de São Paulo (USP).

O curso de graduação em Astronomia da UFRJ foi criado em 1958. O Observatório do Valongo (OV) proporciona a infraestrutura necessária para o desenvolvimento das

atividades acadêmicas, juntamente com o Instituto de Física e o Instituto de Matemática. São oferecidas 20 vagas anuais e o curso tem duração de quatro anos (oito semestres letivos). Por décadas, o OV foi a única instituição a formar astrônomos no Brasil (nível graduação) (OBSERVATÓRIO VALONGO, 2021).

O curso de Bacharelado em Astronomia da USP foi criado em 2009 e tem duração de 8 semestres letivos. O currículo traz forte base em Física e Matemática, mas é também flexível e multidisciplinar, possibilitando diversas trajetórias profissionais. As aulas são ministradas por docentes do Instituto de Astronomia, Geociências e Ciências Atmosféricas (IAG) e também dos Institutos de Física (IF) e de Matemática e Estatística (IME) (INSTITUTO DE ASTRONOMIA, GEOFÍSICA E CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS, 2021).

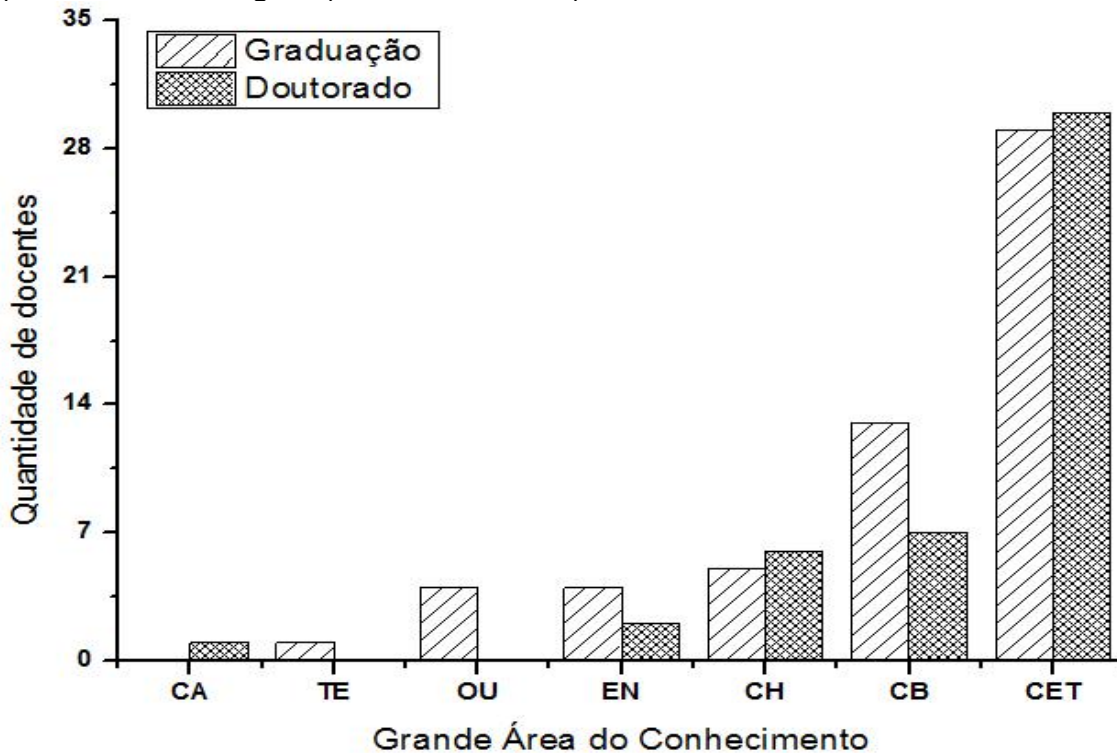
A USP oferta o curso de Ciências Moleculares (CMM), que na tabela 5 foi classificado com a área de conhecimento outras, por ser um curso de graduação multidisciplinar. Quatro dos docentes desta pesquisa são formados neste curso de graduação

Para cursar o CMM é requerido que o candidato seja aluno de qualquer curso de graduação da USP. Para concorrer a uma vaga do curso é necessário ser aprovado numa avaliação que inclui uma prova de conhecimentos gerais e uma entrevista na forma de dinâmica de grupo.

CMM é dividido em dois ciclos: o ciclo básico é constitui de cinco disciplinas (Química, Biologia, Biologia Molecular, Física, Matemática e Computação) com duração de quatro semestres letivos. Por outro lado o ciclo avançado constitui de um currículo personalizado, baseado no desenvolvimento de pesquisa numa área do seu interesse, juntamente com o orientador desta pesquisa. Nesta fase do curso, o aluno experiencia e atua no universo da pesquisa científica, tendo como apoio a base adquirida no Ciclo Básico e contando com a experiência de seu orientador (CURSO DE CIÊNCIAS MOLECULARES, 2021).

A figura 5 mostra o quantitativo dos cursos de graduação e doutorado concluídos pelos pesquisadores por grande área do conhecimento.

Figura 5 - Distribuição dos cursos de graduação e doutorado dos pesquisadores por Grande Área do Conhecimento. CA (Ciências Agrárias), TE (Tecnologias), OU (Outras), EN (Engenharias), CH (Ciências Humanas), CB (Ciências Biológicas) e CET (Ciências Exatas e da Terra).



Fonte: próprio autor.

Os pesquisadores finalizaram 46 cursos de pós-graduação em nível de doutorado. 44 pesquisadores concluíram um curso e um pesquisador terminou dois cursos de doutoramento.

Os términos dos cursos de doutorado foram separados por décadas: 1980 (04), 1990 (13), 2000 (10), 2010 (17) e 2020 (02).

Os cursos de pós-graduação em nível de doutorado foram categorizados de acordo a árvore do Conhecimento disponibilizado pelo CNPq: Ciências Exatas e da Terra (30), Ciências Biológicas (7), Ciências Humanas (6), Engenharias (2) e Ciências Agrárias (1).

A tabela 9 mostra o detalhamento de todos os cursos das Grandes Áreas com o respectivo quantitativo de pesquisadores em cada área do conhecimento.

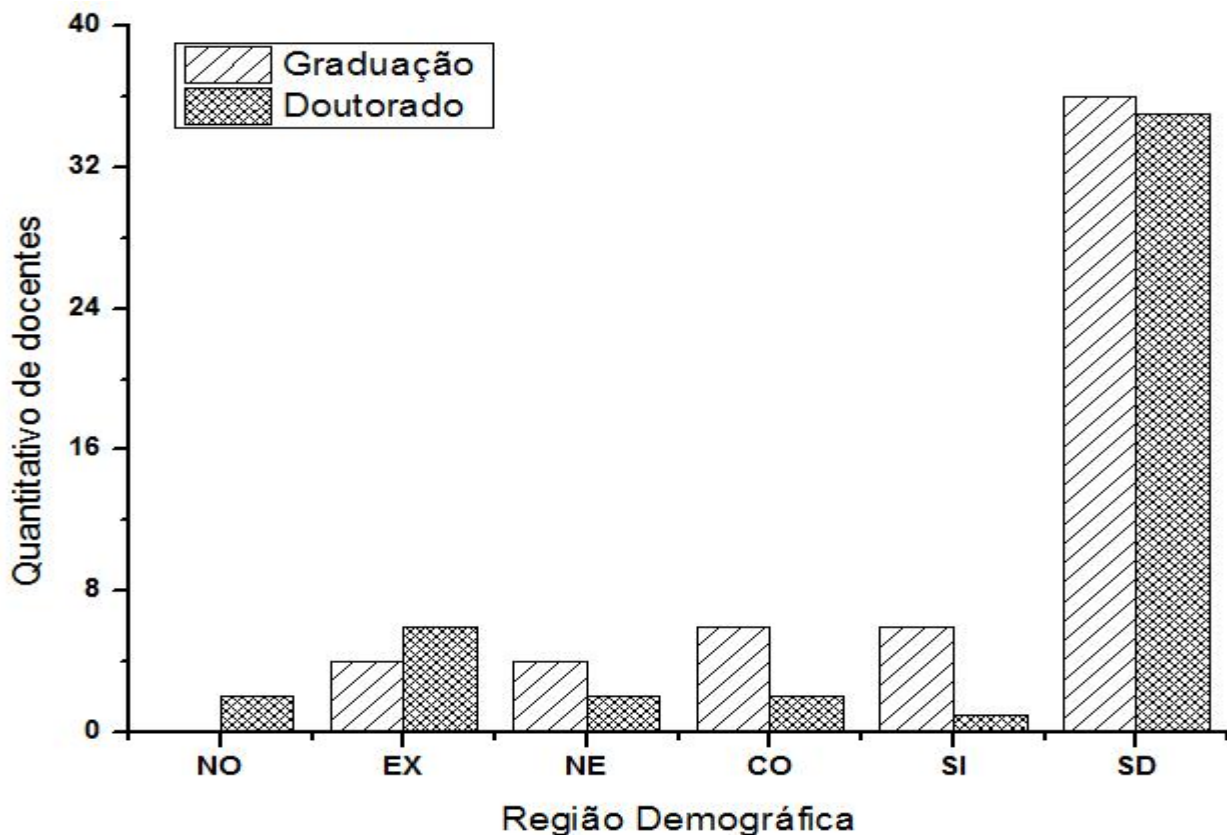
Tabela 9 - Distribuição dos cursos de doutorado nas Grandes Áreas e Áreas do Conhecimento com seus respectivos quantitativos de pesquisadores.

| Grande área: Ciências Exatas e da Terra | |
|--|--------------------------------------|
| Área | Quantitativo de pesquisadores |
| Astronomia | 12 |
| Química | 07 |
| Física | 07 |
| Geociências | 02 |
| Computação | 01 |
| Ensino de Ciências e da Matemática | 01 |
| Grande área: Ciências Biológicas | |
| Área | Quantitativo de pesquisadores |
| Ciências Biológicas | 05 |
| Biotecnologia | 02 |
| Grande área: Engenharias | |
| Área | Quantitativo de pesquisadores |
| Engenharia Nuclear | 02 |
| Grande área: Ciências Humanas | |
| Área | Quantitativo de pesquisadores |
| Educação | 04 |
| Filosofia | 01 |
| Teologia | 01 |
| Grande área: Ciências Agrárias | |
| Área | Quantitativo de pesquisadores |
| Ciências dos Alimentos | 01 |

Fonte: Próprio autor.

A figura 6 mostra a região demográfica das IES dos cursos de graduação e doutorado dos pesquisadores.

Figura 6 - Distribuição das regiões demográficas das IES dos cursos de graduação e doutorado dos pesquisadores: NO (Região Norte), EX (Exterior), NE (Região Nordeste), CO (Região Centro Oeste), SL (Região Sul), SD (Região Sudeste).



Fonte: o próprio autor.

A distribuição nas regiões demográficas brasileiras das IES onde foram concluídos os cursos de graduação são: Sudeste (36), Sul (06), Centro Oeste (6) e Nordeste (4).

4 cursos de graduação foram concluídos em IES localizadas no exterior: Argentina (1), Cuba (1), Itália (1) e Peru (1).

Uma outra classificação que pode ser feita nas IES dos cursos de graduação: 22 são públicas estaduais, 20 são públicas federais e 10 são instituições privadas.

40 dos cursos de doutorado finalizados pelos pesquisadores foram concluídos em IES localizadas no Brasil. A distribuição nas regiões demográficas das IES onde estes cursos foram realizados são: Sudeste (35), Nordeste (2), Centro Oeste (2) e Sul (1).

6 cursos de doutorado foram concluídos em IES localizadas no exterior: Argentina (1), EUA (1), França (1), Hungria (1), Itália (1) e Portugal (1).

Uma outra classificação que pode ser feita nas IES dos cursos de doutorado: 24

são instituições públicas estaduais, 12 são instituições públicas federais e 04 são instituições públicas privadas. Fica a ressalva que entre as IES administradas pelo governo federal foram consideradas como tal o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Observatório Nacional (ON) e o Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF).

Os pesquisadores também finalizaram 73 cursos de pós doutorado. 39 destes cursos foram realizados em instituições brasileiras e 34 foram realizados em instituições localizadas no exterior.

9.2. ASTROBIOLOGIA É SÓ PARA CIENTISTAS “HARD-SCIENCE”?

Fato relevante a ser mencionado é a presença de profissionais com formação nas áreas de Ensino e Educação que trabalham com a Astrobiologia. A tabela 10 mostra o número de profissionais com alguma formação nas áreas de Ensino e/ou Educação.

Tabela 10 - Total de pesquisadores com alguma formação, seja no curso de graduação ou doutorado, nas áreas de Ensino ou Educação.

| Item | Inclusões e Exclusões | Quantidade |
|--------------|---|------------|
| 1 | (+) Total de pesquisadores com curso de graduação em licenciatura nas áreas de CT e CB | 10 |
| 2 | (+) Total de pesquisadores com curso de graduação na Grande Área do Conhecimento Ciências Humanas | 05 |
| 3 | (+) Total de pesquisadores com curso de doutorado em Ensino ou Educação | 05 |
| 4 | (-) Total de pesquisadores em duplicidade no item 2 | 02 |
| 5 | (-) Total de pesquisadores em duplicidade nas pesquisas 1, 2 e 3 | 03 |
| TOTAL | | 15 |

Fonte: o próprio autor.

15 dos 45 pesquisadores possuem formação em Ensino, Educação ou algum curso de graduação em Ciências Humanas, isto demonstra que a Astrobiologia é uma área multidisciplinar.

9.3. PERFIL DOS PESQUISADORES – VÍNCULOS EMPREGATÍCIO OU PARCERIAS

Nesta observação dos vínculos empregatícios ou parcerias foi analisado no CL no item “Atuação Profissional” do CL dos 45 pesquisadores que atuam com Astrobiologia. Destes 39 possuem vínculo empregatício efetivo no Brasil, seja em IES ou CP.

Os vínculos dos pesquisadores foram separados pelas regiões demográficas brasileiras. Em todas as regiões demográficas possuem pelo menos um pesquisador que desenvolva pesquisa científica em Astrobiologia.

A tabela 11 mostra a IES, a cidade e a atuação do pesquisador na região Norte.

Tabela 11 - Vínculo do pesquisador em Astrobiologia na região Norte

| Região Norte | | | |
|--------------|--------|--------|---------------------|
| PQ | IES | Cidade | Atuação |
| 37 | UNIFAP | Macapá | Graduação em Física |

Fonte: o próprio autor.

Na região norte um pesquisador desenvolve pesquisa em Astrobiologia, em uma universidade federal na capital do estado. O foco da pesquisa aqui é em Astroquímica.

Os estados Amazonas, Acre, Roraima, Pará, Tocantins e Rondônia não tiveram representantes nesta pesquisa.

A tabela 12 mostra a IES, a cidade e a atuação do pesquisador na região Centro Oeste.

Tabela 12 - Vínculo dos pesquisadores em Astrobiologia na região Centro Oeste

| Região Centro Oeste | | | |
|---------------------|---------|------------|---------|
| PQ | IES | Cidade | Atuação |
| 10 | FACITEC | Taguatinga | - |
| 28 | UFG | Goiânia | - |
| 45 | FAFICH | Goiatuba | - |

Fonte: o próprio autor.

Na região centro-oeste três pesquisadores desenvolvem pesquisa em Astrobiologia. Dois deles em universidades particulares e um em uma universidade federal. Entretanto, no currículo Lattes não foi possível verificar a especificidade da atuação destes pesquisadores nestas instituições.

As linhas de pesquisa em astrobiologia destes pesquisadores são: 10) Educação e Ensino de Ciências, 28) Astroquímica observacional e teórica, ensino e divulgação em Astrobiologia e 35) Educação e conscientização em Astrobiologia.

Os estados do Mato Grosso e Mato Grosso do Sul não tiveram representantes nesta pesquisa.

A tabela 13 mostra a IES, a cidade e a atuação do pesquisador na região Sul.

Tabela 13 - Vínculo dos pesquisadores em Astrobiologia na região Sul

| Região Sul | | | |
|-------------------|----------------|---------------|---|
| PQ | Vínculo | Cidade | Atuação |
| 11 | UFSC | Florianópolis | Graduação em Ciências Biológicas Pós-Graduação em Bioquímica |
| 16 | UEL | Londrina | Graduação em Química Pós-Graduação em Química |
| 36 | UTFPR | Apucarana | Graduação em Licenciatura em Química Graduação em Tecnologia de Processos Químicos |
| 38 | UFSC | Florianópolis | Graduação em Ciências Biológicas Pós-Graduação em Biotecnologia |

Fonte: o próprio autor.

Na região sul quatro pesquisadores desenvolvem pesquisa em Astrobiologia. Três deles em universidades federais e um em uma universidade estadual. Entretanto, o estado do Rio Grande do Sul não teve representantes nesta pesquisa.

As linhas de pesquisa em astrobiologia destes pesquisadores são: 11) Divulgação Científica, 16) Química Prebiótica, 36) Química Prebiótica e Química Inorgânica e 38) Microbiologia (extremófilos) e evolução.

A tabela 14 mostra a IES, a cidade e a atuação do pesquisador na região Nordeste.

Tabela 14 - Vínculo dos pesquisadores em Astrobiologia na região Nordeste.

| Região Nordeste | | | |
|------------------------|------------|------------------|--|
| PQ | IES | Cidade | Atuação |
| 8 | UFSB | Porto Seguro | Centro de Formação de Ciências Ambientais (CFCA) |
| 15 | UNEB | Salvador | Departamento de Ciências Exatas e da Terra |
| 24 | UFPE | Recife | Graduação em Química |
| 30 | UFMA | Imperatriz | Graduação em Licenciatura em Ciências Naturais |
| 32 | UEFS | Feira de Santana | Graduação em Física Pós Graduação Mestrado Profissional em Astronomia |
| 33 | UEFS | Feira de Santana | - |
| 35 | UFC | Fortaleza | Graduação em Bacharelado em Física Pós Graduação em Física |

Fonte: o próprio autor

Na região nordeste sete pesquisadores desenvolvem pesquisa em Astrobiologia. Quatro deles em universidades federais e três deles em universidades estaduais. Os

estados Alagoas, Paraíba, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe não tiveram representantes nesta pesquisa.

As linhas de pesquisa em astrobiologia destes pesquisadores são: 08) Meteoritos condritos e Planetologia comparada, 15) Abiogênese da vida e resistência de compostos orgânicos, 24) Química e Astroquímica, 30) Ensino de Ciências, 32) Exoplanetologia, 33) Exobiologia e 35) Espectroscopia de moléculas de aminoácidos.

Os dados da região sudeste foram divididos entre os quatro estados desta região demográfica. A tabela 15 mostra os dados do Espírito Santo.

Tabela 15 - Vínculo dos pesquisadores em Astrobiologia no estado do Espírito Santo

| Região Sudeste – Espírito Santo | | | |
|---------------------------------|------|---------|--|
| PAT | IES | Cidade | Atuação |
| 40 | UFES | Vitória | Graduação em Física Pesquisa do Centro de Ciências Exatas |

Fonte: o próprio autor.

No estado do Espírito Santo um pesquisador desenvolve pesquisa em Astrobiologia, em uma universidade federal na capital do estado. O foco da pesquisa e desenvolvimento é Ensino e Divulgação Científica.

A tabela 16 mostra os dados do estado de Minas Gerais.

Tabela 16 - Vínculo dos pesquisadores em Astrobiologia no estado de Minas Gerais

| Região Sudeste – Minas Gerais | | | |
|-------------------------------|-------|----------------|---|
| PAT | IES | Cidade | Atuação |
| 7 | CEFET | Belo Horizonte | Graduação em Química Tecnológica Graduação em Engenharia de Materiais Pós Graduação em Química Pós Graduação em Modelagem Matemática e Computacional |
| 22 | LNA | Itajubá | Pesquisador |

Fonte: o próprio autor.

No estado de Minas Gerais dois pesquisadores afirmaram desenvolver pesquisa em Astrobiologia. Um pesquisador lotado em uma universidade federal que atua na linha de pesquisa da Astroquímica.

Outro pesquisador atua no Laboratório Nacional de Astrofísica (LNA) vinculado ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. O laboratório foi inaugurado em 1980 e tem como missão planejar, desenvolver, promover, operar e coordenar os meios e a

infraestrutura para fomentar, de forma, cooperada, a astronomia observacional brasileira (BRASIL, 2021).

A tabela 17 mostra os dados do estado do Rio de Janeiro.

Tabela 17 - Vínculo dos pesquisadores em Astrobiologia no estado do Rio de Janeiro

| Região Sudeste – Rio de Janeiro | | | |
|--|------------|----------------|--|
| PAT | IES | Cidade | Atuação |
| 2 | CEFET | Rio de Janeiro | Professor do Ensino Médio Graduação de Engenharia Pós Graduação de Engenharia |
| 12 | UFRJ | Rio de Janeiro | Graduação em Ciências Biológicas Pós Graduação em Ciências Biológicas Laboratório de Radiações em Biologia |
| 13 | UFRJ | Rio de Janeiro | Instituto Alberto Luiz Coimbra Pós Graduação e Pesquisas de Engenharia |
| 22 | UFRJ | Rio de Janeiro | Graduação em Astronomia Pós Graduação em Astronomia Pesquisador do Observatório do Valongo |
| 23 | UFRJ | Rio de Janeiro | Graduação em Astronomia Pós Graduação em Astronomia Pesquisador do Observatório do Valongo |
| 27 | UFRJ | Rio de Janeiro | Graduação em Astronomia Pós Graduação em Astronomia Pesquisador do Observatório do Valongo |
| 27 | ON | Rio de Janeiro | Orientador em Programa de Pós Graduação |
| 29 | ON | Rio de Janeiro | - |
| 44 | IFRJ | Nilópolis | - |

Fonte: o próprio autor.

No estado do Rio de Janeiro nove pesquisadores afirmaram desenvolver pesquisa em Astrobiologia. Sete pesquisadores estão lotados em universidades federais.

As linhas de pesquisa que estes pesquisadores desenvolvem pesquisa em Astrobiologia são: 2) Bioassinaturas exoplanetárias e química prebiótica, 12) Fotobiologia de microorganismos antárticos, sobrevivência de microorganismos extremófilos e ambientes simulados extremos, 13) Ensaio não destrutivo e analíticas com radiações ionizantes, 22) Exoplanetas e habitabilidade, 23) Astroquímica e formação e destruição de moléculas prebióticas, 27) Astrofísica estelar e exoplanetas, 29) Habitabilidade e 44) Ensino de Astrobiologia. Dois pesquisadores desenvolvem pesquisa no Observatório Nacional (ON). O ON possui programas acadêmicos: pós-graduação em Astronomia e Geofísica e Iniciação Científica e tecnológica. As áreas de atuação são: Astronomia e

Astrofísica, Geofísica e tempo e frequência (BRASIL, 2021).

A tabela 18 mostra os dados do estado de São Paulo.

Tabela 18 - Vínculo dos pesquisadores em Astrobiologia no estado de São Paulo

| Região Sudeste – São Paulo | | | |
|-----------------------------------|--------------------|---------------------|---|
| PAT | IES | Cidade | Atuação |
| 1 | MACKENZIE | São Paulo | Graduação em Física Pós Graduação em Engenharia Elétrica Centro de Rádio Astronomia e Astrofísica |
| 4 | USP | São Paulo | Graduação em Astronomia Pós Graduação em Astronomia |
| 9 | INPE | São José dos Campos | Pesquisador titular Pós Graduação em Astrofísica Ciências Espaciais e Atmosféricas |
| 12 | LNLS | Campinas | Centro de Biologia Molecular e Estrutural |
| 12 | USP | São Paulo | Instituto Oceanográfico |
| 13 | LNLS | Campinas | Pesquisador |
| 17 | CNPEM | Campinas | Pesquisador |
| 17 | USP | São Paulo | Pesquisador NAP-Astrobio Pesquisador IAG |
| 18 | USP | São Paulo | Graduação em Astronomia Pós Graduação em Astronomia Pós Graduação em Física |
| 20 | USP | São Paulo | Pós Graduação em Biotecnologia Pós Graduação em Química |
| 25 | USP | São Paulo | Graduação em Física Pós Graduação em Astronomia Pesquisador do IAG |
| 26 | UFABC | Santo André | Graduação em Bacharelado em Ciência e Tecnologia Graduação em Física Pós Graduação em Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física |
| 31 | UNIFESP | Diadema | - |
| 34 | USP | Ribeirão Preto | Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras |
| 41 | UNIVAP | São José dos Campos | Graduação em Engenharia Civil Graduação em Engenharia Química Pós Graduação Física e Astronomia Pesquisador do Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento |
| 41 | ITA | São José dos Campos | Pós Graduação em Física |
| 42 | Instituto Butantan | São Paulo | Pesquisador Colaborador |
| 43 | USP | Ribeirão Preto | Graduação em Ciências Biológicas Pós Graduação em Ciências Biológicas |

Fonte: o próprio autor.

No estado de São Paulo 12 pesquisadores afirmaram desenvolver pesquisa em Astrobiologia. Nove pesquisadores estão lotados em universidades estaduais (USP e UNIVAP), dois pesquisadores lotados em universidades federais (UFABC e UNIFESP) e um pesquisador lotado em universidade particular (MACKENZIE).

As linhas de pesquisa que estes pesquisadores desenvolvem em Astrobiologia são: 1) habitabilidade, 4) astroquímica, 12) fotobiologia de microorganismos antárticos, sobrevivência de microorganismos extremófilos e ambientes simulados extremos, 17) Origem da vida e procura por bioassinaturas, 18) exoplanetas, luas do sistema solar e extremófilos, 20) zona habitável circunstelar e galáctica, habitabilidade planetária e futuro da vida, 25) astrofísica estelar e astrofísica de altas energias, 26) astrofísica nuclear, simulações de interação da radiação com a matéria, 31) vida em ambientes anóxicos sustentada por decaimento radioativo, 34) Análise do Paradoxo de Fermi, 41) Astroquímica de moléculas orgânicas e prebióticas e 43) extremófilos.

Dos 39 pesquisadores com vínculos empregatícios, cinco deles possuem o título de livre docência. E, 13 destes pesquisadores são bolsistas em produtividade em pesquisa vigente pelo CNPq. Na tabela 19 é mostrado os níveis das bolsas em produtividade pelo CNPq.

Tabela 19 - Nível das bolsas em produtividade em pesquisa vigente do CNPq e respectivo quantitativo de pesquisadores

| Bolsista Produtividade CNPq | Quantitativo de pesquisadores |
|-----------------------------|-------------------------------|
| 2 | 08 |
| 1D | 02 |
| 1C | 02 |
| 1B | 01 |

Fonte: o próprio autor.

9.4. LIMITAÇÕES DA METODOLOGIA DA PESQUISA

A metodologia utilizada nesta pesquisa apresenta imperfeições. Neste capítulo foi elencado três hipóteses que podem ter limitado esta pesquisa.

A primeira é relacionada aos descritores utilizados na BTD e PL. Dos 45 pesquisadores em Astrobiologia, 44 pesquisadores foram resultados para pelo menos um descritor na PL. Para BTD, 9 pesquisadores foram resultados em pelo menos um descritor utilizado.

Os currículos encontrados, na PL, por descritor da pesquisa foram organizados por frequência: currículo foi resultado em somente um descritor (23), em dois descritores (9), em três descritores (7), em quatro descritores (2), em cinco descritores (3) e em todos descritores (1). Resultando em um total de 90 aparições de descritores. A tabela 20 mostra o percentual das aparições dos descritores na PL.

Tabela 20 - Percentual dos descritores nas pesquisas da Plataforma Lattes

| Descritores | Percentual |
|---------------------|-------------------|
| Astrobiologia | 33 (36,7%) |
| <i>Astrobiology</i> | 21 (23,3%) |
| Extremófilos | 13 (14,4%) |
| Astroquímica | 10 (11,1%) |
| Planetas Habitáveis | 05 (5,5%) |
| Meteorites | 04 (4,5%) |
| Química Prebiótica | 04 (4,5%) |
| TOTAL | 80 |

Fonte: o próprio autor

O apêndice C mostra a tabela dos resultados de todos os pesquisadores em todos os descritores na PL.

Os currículos encontrados, na BTB, por descritor da pesquisa foram organizados por frequência: currículo foi resultado da pesquisa em somente um descritor (5) e em dois descritores (5). Resultando em um total de 15 marcações de descritores. O descritor “planetas habitáveis” não apresentou resultado para os pesquisadores na BTB.

O apêndice D mostra a tabela dos resultados de todos os pesquisadores em todos os descritores na BTB.

A tabela 21 mostra o percentual das aparições dos descritores na BTB.

Tabela 21 - Percentual dos descritores nas pesquisas do Banco de Teses e Dissertações

| Descritores | Percentual |
|---------------------|-------------------|
| Astrobiologia | 07 (46,6%) |
| Astroquímica | 03 (20,0%) |
| Extremófilos | 02 (13,3%) |
| <i>Astrobiology</i> | 01 (6,7%) |
| Meteorites | 01(6,7%) |
| Química Prebiótica | 01 (6,7%) |
| Planetas Habitáveis | - |
| TOTAL | 15 |

Fonte: o próprio autor

Outra limitação da pesquisa pode ser a forma de envio da mensagem inicial. Como o envio foi por e-mail, a mensagem por ter sido enviada para o spam do destinatário. Outra hipótese é a negação em para responder tais pesquisas, algo similar a pesquisas de satisfação comerciais. E, o desconhecimento do remetente da mensagem também pode ter sido outro fator para a não resposta a mensagem.

Essas limitações são citadas já que, nomes reconhecidos pela atuação na área da astrobiologia estavam listados na pesquisa, entretanto não responderam ao questionário.

Apesar destas limitações, o número de pesquisadores que participaram da pesquisa foi satisfatório. Isto porque a Sociedade Brasileira de Astrobiologia possui 46 sócios aspirantes (alunos de graduação e alunos de mestrado) e 68 sócios efetivos (alunos de doutorado e pesquisadores).

9.4.1 Proposta De Produto Educacional

Os resultados apresentados podem abastecer a plataforma da Sociedade Brasileira de Astrobiologia (SBASTROBIO).

Além disto, pode ser criado um arquivo digital para divulgação destas informações em redes sociais e afins.

10.CONCLUSÕES

As grandes áreas do conhecimento dos cursos de graduação e doutorado concluídos pelos 45 pesquisadores que responderam ao questionário são Ciências Exatas e da Terra e Ciências Biológicas.

As instituições de ensino superior dos cursos de graduação e doutorado concluído pelos pesquisadores são localizadas na região Sudeste.

39 dos 45 pesquisadores que responderam o questionário possuem vínculo empregatício em IES ou Centro de Pesquisa localizados no Brasil. E, todas as regiões brasileiras possuem pelo menos um pesquisadores que atua com Astrobiologia.

Na PL os melhores descritores utilizados foram: astrobiologia, *astrobiology* e extremófilos. Já no BTM os melhores descritores foram: astrobiologia, astroquímica e extremófilos.

REFERÊNCIAS

AGENCY, Uae Space (org.). **Emirates Mars Mission**. Disponível em: <https://www.emiratesmarsmission.ae/>. Acesso em: 05 maio 2021.

ANDRADE, M. L. M. de. **Docência em moda**: análise do perfil acadêmico e profissional de professores dos cursos de bacharel na área da moda na cidade de são paulo. 2016. 112 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Têxtil e Moda, Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

ARVIDSON, R. E. Aqueous history of Mars as inferred from landed mission measurements of rocks, soils, and water ice. **Journal Of Geophysical Research: Planets**, [S.L.], v. 121, n. 9, p. 1602-1626, set. 2016. American Geophysical Union (AGU). <http://dx.doi.org/10.1002/2016je005079>.

BLUMBERG, B. The NASA Astrobiology Institute: early history and organization. **Astrobiology**, [S.L.], v. 3, n. 3, p. 463-470, set. 2003. Mary Ann Liebert Inc. <http://dx.doi.org/10.1089/153110703322610573>.

BRASIL. CNPQ. (org.). **Plataforma Lattes**. Disponível em: <http://lattes.cnpq.br/>. Acesso em: 06 set. 2020.

BRASIL. COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR. (org.). **Catálogo de Teses & Dissertações**. Disponível em: <https://catalogodeteses.capes.gov.br/catalogo-teses/#/>. Acesso em: 04 set. 2020.

BRASIL. MCTI. **Observatório Nacional**. Disponível em: <https://www.gov.br/observatorio/pt-br>. Acesso em: 29 mar. 2021.

BRASIL. MCTI. **Laboratório Nacional de Astrofísica**. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/rede-mcti/lna>. Acesso em: 29 mar. 2021.

BRASIL. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2009.

BRASÍLIA. José Aloísio Alves Moreira. Embrapa Informação e Tecnológica (ed.). **Feijão: o produtor pergunta, a embrapa responde**. 21. ed. Brasília: Embrapa, 2003. 203 p. (Coleção 500 perguntas, 500 respostas). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/80319/1/500P-Feijao-ed01-2003.pdf>. Acesso em: 01 maio 2021.

CERTINI, G; SCALENGHE, R.; AMUNDSON, R.. A view of extraterrestrial soils. **European Journal Of Soil Science**, [S.L], v. 60, n. 6, p. 1078-1092, 15 set. 2009. Wiley <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2389.2009.01173>.

CURSO DE CIÊNCIAS MOLECULARES (São Paulo). Universidade de São Paulo (org.). **Curso de Ciências Moleculares**. Disponível em: <http://www.cecm.usp.br/>. Acesso em: 26 mar. 2021.

EHLMANN, B. L.; EDWARDS, C. S.. Mineralogy of the Martian Surface. **Annual Review Of Earth And Planetary Sciences**, [S.L.], v. 42, n. 1, p. 291-315, 30 maio 2014. Annual Reviews. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev-earth-060313-055024>.

EUA. Goddard Space Flight Center. Nasa (org.). **MAVEN**: mars atmosphere and volatile evolution mission. Greenbelt: Nasa, 2013. 2 p. (NASA Facts). FS-2012-9-125-GSFC. Disponível em: https://mars.nasa.gov/internal_resources/810/. Acesso em: 04 jan. 2021.

EUA. Jet Propulsion Laboratory. Nasa (org.). **InSight**. Pasadena: California Institute Of Technology, 2018. 2 p. (NASA Facts). JPL 400-1692. Disponível em: https://mars.nasa.gov/internal_resources/327/. Acesso em: 16 jan. 2021.

EUA. Jet Propulsion Laboratory. Nasa (org.). **Mars 2020/Perseverance**. Pasadena: Nasa, 2020. 2 p. (NASA Facts). Disponível em: https://mars.nasa.gov/files/mars2020/Mars2020_Fact_Sheet.pdf. Acesso em: 20 jan. 2021.

EUA. Jet Propulsion Of Technology. Nasa (org.). **Mars Science Laboratory/Curiosity**. Pasadena: Nasa, 2014. 4 p. (NASA Facts). JPL 400-1537. Disponível em: https://mars.nasa.gov/internal_resources/824/. Acesso em: 03 jan. 2021.

FLORES, C. A *et al.* Outras Formas de Degradação do Solo. In: MANZATTO, Celso Vainer; FREITAS JUNIOR, Elias de; PERES, José Roberto Rodrigues (ed.). **Uso Agrícola dos Solos Brasileiros**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002. p. 174.

GALANTE, D. *et al* (org.). **Astrobiologia**: uma ciência emergente. São Paulo: Tikinet Edição, 2016. 390 p. Disponível em: <http://tikinet.kinghost.net/>. Acesso em: 04 dez. 2018.

GALANTE, Douglas; SILVA, Evandro P.; RODRIGUES, Fabio; HORVATH, Jorge E.; AVELLAR, Marcio G. B. (org.). Introdução. In: GALANTE, Douglas; SILVA, Evandro P.; RODRIGUES, Fabio; HORVATH, Jorge E.; AVELLAR, Marcio G. B. (org.). **Astrobiologia: uma ciência emergente**. São Paulo: Tikinet Edição, 2016. p. 1-385. Disponível em: <http://tikinet.kinghost.net/>. Acesso em: 16 out. 2020.

IAG (São Paulo). Universidade de São Paulo. Bacharelado em Astronomia. Disponível em: <https://www.iag.usp.br/astrobiologia/bacharelado-em-astrobiologia>. Acesso em: 26 mar. 2021.

INDIA. B. R Guruprasad. Indian Space Research Organisation. **Mars Orbiter Mission: india's triumphant odyssey to the red planet**. Bangalore: Publications And Public Relations, [2015]. 24 p. Disponível em: <https://www.isro.gov.in/sites/default/files/article-files/node/8050/Illustrated%20Book%20on%20Mars%2>. Acesso em: 22 mar. 2021.

KAPPES, Claudinei; ARF, Orivaldo; FERREIRA, João Paulo; PORTUGAL, José Roberto; ALCALDE, Andrews Molnar; ARF, Marcelo Valentini; VILELA, Rafael Gonçalves. Qualidade fisiológica de sementes e crescimento de plântulas de feijoeiro, em função de aplicações de paraquat em pré-colheita. **Pesquisas Agropecuárias Tropicais**, Goiânia, v. 42, p. 9-18, 01 mar. 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/pat/v42n1/02.pdf>. Acesso em: 14 abr. 2021.

OBSERVATÓRIO VALONGO (Rio de Janeiro). Universidade Federal do Rio de Janeiro. **Graduação em Astronomia**. Disponível em: <https://ov.ufrj.br/graduacao/>. Acesso em: 23 mar. 2021.

PAULINO-LIMA, I. G.; LAGE, C. de A. S. Astrobiologia: definição, aplicações, perspectivas e panorama brasileiro. **Boletim da Sociedade Astronômica Brasileira**, São Paulo, v. 1, n. 29, p. 14-21, out. 2010. Disponível em: <https://sab-astro.org.br/wp-content/uploads/2018/05/BSAB29.pdf>. Acesso em: 16 out. 2020.

PRODUCTION, Esa Communications (ed.). ExoMars 2016: europe's new era of mars exploration. **Esa Brochure**, Paris, v. 327, n. 1, p. 1-16, 05 nov. 2015. Disponível em: https://sci.esa.int/documents/33431/35950/1567260250957-ExoMars2016_brochure_BR-327.pdf. Acesso em: 15 jan. 2021.

RIBAS FILHO, D. Milho, energia em forma de energia. In: AGRICULTURA, Sociedade Nacional de (org.). **A Lavoura**. 708. ed. Rio de Janeiro: I Graficci, 2015. p. 22-26.

RIBEIRO, N. D. Composição de aminoácidos de cultivares de feijão e aplicações para o melhoramento genético. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [S.L.], v. 42, n. 10, p. 1393-1399, out. 2007. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-204x2007001000004>.

RODRIGUES, F. *et al.* Astrobiology in Brazil: early history and perspectives. **International Journal Of Astrobiology**, [S.L.], v. 11, n. 4, p. 189-202, 18 jul. 2012. Cambridge University Press (CUP). <http://dx.doi.org/10.1017/s1473550412000250>.

RODRIGUES, F; GALANTE, D; AVELLAR, M. G. B.. ASTROBIOLOGIA: Estudando a vida no universo. In: GALANTE, Douglas; SILVA, Evandro P.; RODRIGUES, Fabio; HORVATH, Jorge E.; AVELLAR, Marcio G. B. (org.). **Astrobiologia: uma ciência emergente**. São Paulo: Tikinet Edição, 2016. p. 1-385.

SOUSA, G. L; SIMÕES, A. S. M.. Uma Proposta de Aula Experimental de Química para o Ensino Básico Utilizando Bioensaios com Grãos de Feijão (*Phaseolus vulgaris*). **Química**

Nova na Escola, [S.L.], v. 38, n. 1, p. 79-83, 2016. Sociedade Brasileira de Química (SBQ). <http://dx.doi.org/10.5935/0104-8899.20160012>.

APÊNDICES

APÊNDICE A

E-mail enviado aos pesquisadores

Assunto:

Pesquisa – Quem desenvolve pesquisa em Astrobiologia no Brasil?

Mensagem

Prezado pesquisador(a),

O meu nome é Marcelo Russo e sou aluno de mestrado, do programa PROFQUI. Estou sendo orientado pelo professor Dr. Dimas Zaia, docente do Departamento de Química da Universidade Estadual de Londrina/PR (UEL). No meu projeto de pesquisa estou elencando quem são os pesquisadores que desenvolvem trabalhos na área da Astrobiologia. O objetivo é disponibilizar uma plataforma com os nomes dos pesquisadores de Astrobiologia, aos possíveis estudantes interessados nesta área. Em nossa pesquisa preliminar na plataforma do CNPq/Currículo Lattes, o seu currículo apareceu como um resultado. Assim, gostaria de solicitar a sua ajuda respondendo às perguntas abaixo.

- a) Dentro do seu trabalho de pesquisa a Astrobiologia está incluída?
- b) Caso a resposta anterior tenha sido sim, em qual(is) área(s) da Astrobiologia, o seu trabalho poderia ser incluído?
- c) Nos últimos 5 anos dentro da área de Astrobiologia quantos trabalhos você publicou, quantos alunos de IC e pós graduação orientou?

Atenciosamente,

APÊNDICE B

Roteiro Experimental – Agricultura espacial

Introdução

Marte é o planeta do Sistema Solar mais explorado pelo ser humano. A primeira tentativa de envio de uma sonda espacial para o planeta foi em 1960, pela URSS. De lá pra cá, inúmeras missões espaciais, de diversas agências espaciais e empresas espaciais, exploraram o planeta Vermelho.

O que sabemos sobre Marte?

Mas afinal, o que sabemos sobre Marte? Qual a temperatura média do planeta? Existe atmosfera em Marte? E água líquida? Como é o solo marciano?

A temperatura em Marte é, em média, de 60 °C negativos. Assim como a Terra possui quatro estações do ano. No inverno a temperatura pode chegar a 125 °C negativos na região dos polos e no verão, a temperatura pode chegar a 20° C positivos no equador. Em Oymyakon, uma vila localizada na Rússia, é o local mais frio habitado por humanos na Terra. Em 2013, foi registrado a temperatura de 71 °C negativos.

A atmosfera marciana é rarefeita (pressão relativa de 0,006 atm) e composta majoritariamente de: 95,3% de dióxido de carbono (CO₂), 2,7% de gás nitrogênio (N₂) e 1,6% de argônio (Ar).

A bilhões de anos atrás existia uma atmosfera densa em Marte, como a terrestre. Entretanto essa atmosfera se perdeu. Um dos motivos da perda da atmosfera marciana se deu pelos ventos solares, num processo de “erosão” da atmosfera marciana.

A existência dessa atmosfera densa permitiu a existência de água líquida em Marte, mesmo que num período de tempo curto. Hoje temos evidências que existiram lagos e oceanos em Marte.

Marte possui o maior vulcão do Sistema Solar: o Monte Olympus. O vulcão possui 25 km de altura com relação ao terreno ao redor (é três vezes mais alto do que o Everest), e se espalha por 600 quilômetros. Só a cratera tem mais de 83 Km de largura.

O vulcão não apresenta atividade a milhões de anos. Entretanto, colaborou para a formação do solo marciano devido aos milhões de anos de derramamento de lava basáltica. Em Marte vemos uma variedade de tipos de rochas basálticas. Essas rochas são compostas de minerais como olivina, piroxeno, feldspato, carbonatos, sulfatos (jarosita, gesso), sílica, filossilicatos, fosfatos e óxidos de ferro (hematita).

Agora que já apresentamos algumas curiosidades sobre o planeta Vermelho, faça uma rápida pesquisa e complete a tabela 1.

Tabela 1 - Características dos planetas Terra e Marte.

| | Terra | Marte |
|--|--------------|--------------|
| Distância do sol (milhões de Km) | | |
| Raio (Km) | | |
| Período de rotação (em horas terrestres) | | |
| Período de órbita (em dias terrestres) | | |
| Gravidade (m/s ²) | | |
| Satélites naturais (nomes) | | |

Missões espaciais à Marte – 2011 a 2021

A *Mars Science Laboratory*, da *National Aeronautics and Space Administration* (NASA), foi lançada em novembro de 2011 e aterrizou na Cratera Gale em agosto de 2012. A missão é composta pelo *rover Curiosity* e tem por objetivo buscar evidências que suportaram a vida microbiana.

A *Mars Atmosphere and Volatile Evolution Mission*, da NASA, foi lançada em novembro de 2013. A missão é composta por um orbitador e tem por objetivo explicar como o Sol tirou a maior parte da atmosfera de Marte, transformando um planeta possivelmente habitável para a vida microbiana em um planeta deserto, frio e ácido.

A *Mars Orbiter Mission*, da *Indian Space Research Organization* (ISRO), foi lançada em novembro de 2013. É a primeira missão espacial com destino a Marte. A missão é composta por um orbitador e tem como objetivo é desenvolver as tecnologias necessárias para o projeto, planejamento, gerenciamento e operações de uma missão interplanetária,

além de explorar as características da superfície de Marte, morfologia, mineralogia e atmosfera marciana.

O programa ExoMars foi lançada em março de 2016 e é uma cooperação entre a *European Spacy Agency*, (ESA) e a ROSCOSMOS, agência espacial russa. O programa consiste em duas missões: a primeira consiste no *Trace Gas Orbiter*, um orbitador que investigará a origem biológica ou geológica de gases importantes em Marte e a segunda missão foi o *lander* Schiaparelli, um módulo de demonstração de entrada, descida e pouso, que sofreu um acidente na descida ao planeta vermelho.

A *Insight*, da NASA, foi lançada em maio de 2018 e aterrisou na *Elysium Planitia* em novembro de 2018. A missão é composta pelo *lander Insight* e tem por objetivo estudar o interior profundo de Marte, tipicamente uma missão geofísica.

A *Mars 2020*, da NASA, foi lançada em julho de 2020 e aterrisou na cratera Jerezo em fevereiro de 2021. A missão é composta pelo *rover Perseverance* e tem por objetivo compreender a geologia marciana e buscar evidências de vida. A missão também possui um helicóptero, o *Ingeniuty*, que tem como objetivo fazer um teste de tecnologia.

A *Emirates Mars Mission*, ou *HOPE* como é conhecida, é a primeira missão espacial à Marte dos Emirados Árabes Unidos. Foi lançada em julho de 2020. A missão é composta por um orbitador e usará uma órbita inédita ao redor do planeta que permitirá o estudo da atmosfera superior e inferior do planeta de forma simultânea.

Para pensar um pouco: Por quê as agências espaciais e as empresas espaciais lançam suas missões a Marte em intervalo de tempo de 26 a 26 meses?

Características das missões espaciais a Marte

As missões espaciais enviadas à Marte caracterizam por serem missões não tripuladas.

Entretanto, elas podem ser diferenciadas pelo tipo de sondas que as compõe. Elas podem possuir um orbitador, um *lander*, e/ou um *rover*.

Os orbitadores são sondas que entram e permanecem na órbita do planeta, tornando um satélite deste.

Os *landers* são sondas que aterrizam na superfície do planeta e permanecem estáticas durante o período da missão.

Já os *rovers* são sondas veiculares, que além aterrizarem na superfície do planeta, também se locomovem pelo planeta.

E no futuro?

As missões exploratórias marcianas se caracterizam até aqui por serem missões não tripuladas, mas em breve isto mudará. As agências espaciais e empresas espaciais promoverão missões para colonizar o planeta Vermelho.

Para pensar um pouco: Na sua opinião, quais serão as principais dificuldades para o ser humano colonizar o planeta Marte?

O que vamos comer por lá?

Um dos gargalos encontrados para a colonização marciana é a produção de alimentos *in loco*. Levar nas naves espaciais todo o alimento necessário para suprir a demanda alimentar de uma população seria inviável. Assim, uma alternativa é plantar o nosso próprio alimento por lá.

Para pensar um pouco: Se você fosse o responsável pela missão espacial de colonizar o planeta Marte, responda:

Qual ou quais alimentos você consideraria plantar em Marte e porquê?

Vamos plantar em solo marciano?

Se ainda não podemos ir até Marte e cultivar alguma planta por lá, podemos utilizar de artifícios para simular tal condição. Por mais que a Terra e Marte apresentem características distintas, ainda assim existem regiões terrestres que se assemelham as condições encontradas em Marte. Chamamos isto de análogos.

Por exemplo, a rocha basáltica encontrada em Marte pode ser encontrada em algumas regiões do Brasil, como no norte do Paraná, por exemplo.

E se partíssemos de uma rocha basáltica e preparássemos um solo análogo ao de Marte, cultivássemos algumas plantas e compararmos os resultados obtidos com um solo tipicamente paranaense?

Procedimento Experimental

A amostra de solo terrestre utilizada será um solo argiloso da região de Londrina – Paraná. Daqui pra frente utilizaremos o símbolo “ST” para representarmos este solo.

O que utilizaremos como solo marciano será uma mistura de rocha basáltica, areia, matéria orgânica líquida. O solo simulado marciano será chamado de “SM”.

Preparo do SM

Materiais: recipiente de plástico pequeno (por exemplo pote de margarina ou requeijão), um balde plástico e um acessório para misturar (pedaço de cabo de vassoura).

Passo a passo:

- No balde plástico adicionar 7 volumes (medidos pelo recipiente pequeno) do pó de rocha basáltica, 2 volumes de areia e 1 volume de matéria orgânica líquida;
- Mexer, com auxílio do cabo de vassoura, até misturar bem.

Para pensar um pouco: O que poderia ser utilizado como fonte de matéria orgânica em Marte?

Plantio

Utilizaremos como suporte para a plantação uma estrutura em cano de PVC. As sementes serão plantadas em garrafas plásticas, conforme a figura 1.

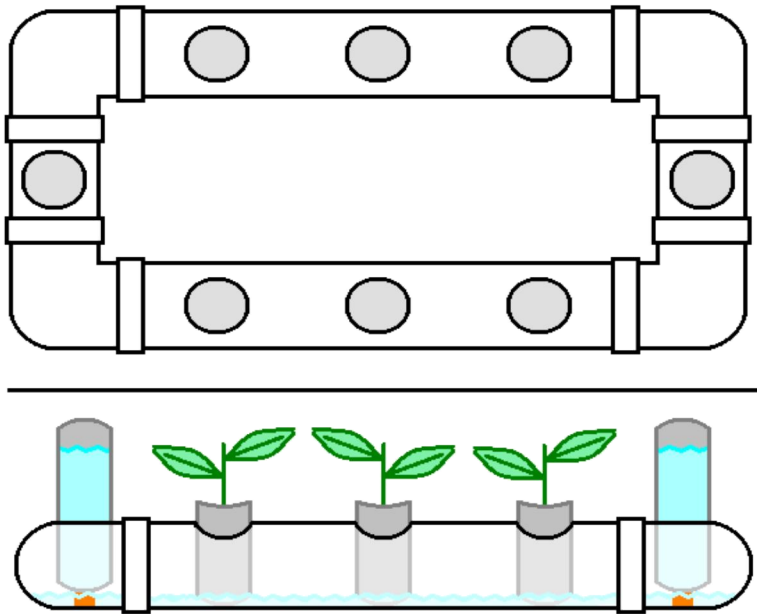


Figura 1: Suporte para os vasos

Atenção: anotar a data do plantio ____/____/____

Coleta de dados

3.1 Análise da primeira contagem de germinação (PCG)

A taxa de germinação de sementes é um parâmetro importante para demonstrar a qualidade das sementes utilizadas durante o experimento. Aqui, a semente será considerada germinada se a semente gerar uma plântula. A taxa de germinação é expressa em porcentagem (%), de acordo com a equação abaixo:

$$\% \text{de germinação} = \left(\frac{\text{número de plantas germinadas}}{\text{número total de plantas}} \right) \times 100\%$$

Passo a passo:

- a) Contagem do número total de sementes plantadas em ST e SM. Anotar os valores.
- b) Contagem do número total de sementes germinadas em ST e SM. Anotar os valores.
- c) Calcular o valor da taxa de germinação, em porcentagem, para ST e SM.

| | Contagem – Taxa de germinação | |
|--|--------------------------------------|-----------|
| | ST | SM |
| Número total de sementes germinadas | | |
| Número total de sementes plantadas | | |
| Taxa de germinação (%) | | |

Relatar observações que julgar importante.

3.2 Análise do crescimento das plantas em solo terrestre (ST) e em solo simulado marciano (SM)

Para mensurar o crescimento das plantas em ST e SM será utilizado duas grandezas: o comprimento de parte aérea (CPA) e o comprimento de raiz primária (CRP).

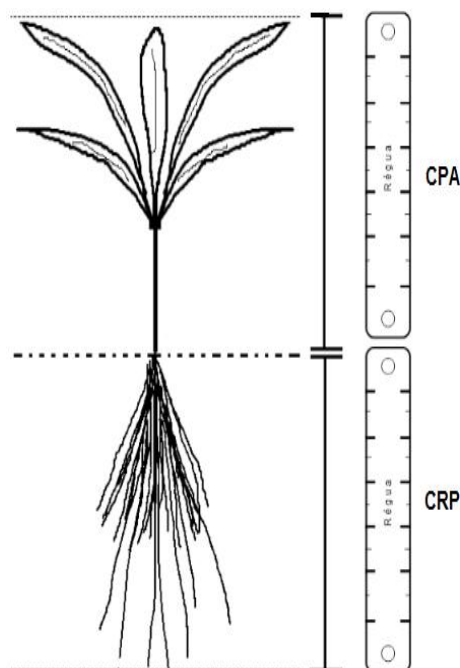
Antes de iniciar as análises é importante se atentar a três aspectos:

- d) Ao retirar as plantas das garrafinhas, faça com o máximo de atenção para evitar a ruptura das raízes;
- e) A retirada do solo das raízes é feita em água corrente;
- f) Coloque as plantas lavadas em um recipiente com água. Cuidado para não misturar as plantas cultivadas em ST com SM. Se possível, identifique os recipientes com “ST” e “SM”

Medidas de CPA e CRP

A medida de PA consiste na medida do comprimento da junção do caule/raiz até a folha de maior comprimento. Já a medida de CR na medida do comprimento da junção caule/raiz até a raiz mais alongada.

A medida é realizada com régua e o valor é dado em centímetro (cm).



Materiais necessários: régua e caneta.

Passo a passo:

- Identifique as amostras cultivadas em ST com *T1*, *T2*, *T3*, *T4* e assim por diante;
- Identifique as amostras cultivadas em SM com *M1*, *M2*, *M3*, *M4* e assim por diante;
- Realizar as medições de CPA e CRP para os solos ST e SM;
- Anotar os valores encontrados de CPA e CRP;
- Calcular o somatório dos valores de CPA obtidos para ST e SM;

| Valores de CPA em ST | | | | | | |
|-------------------------|----|----|-----------------------------------|----|----|----|
| Amostras | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 |
| CPA (cm) | | | | | | |
| Número de amostras (n): | | | Somatório dos valores de PA (cm): | | | |
| | | | | | | |
| Valores de CPA em SM | | | | | | |
| Amostras | M1 | M2 | M3 | M4 | M5 | M6 |
| CPA (cm) | | | | | | |
| Número de amostras (n): | | | Somatório dos valores de PA (cm): | | | |
| | | | | | | |
| Valores de CRP em ST | | | | | | |
| Amostras (n) | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 |
| CRP (cm) | | | | | | |
| Número de amostras: | | | Somatório dos valores de PA (cm): | | | |
| | | | | | | |
| Valores de CRP em SM | | | | | | |
| Amostras | M1 | M2 | M3 | M4 | M5 | M6 |
| CRP (cm) | | | | | | |
| Número de amostras (n): | | | Somatório dos valores de PA (cm): | | | |

- Calcular a média dos valores das análises de PA tanto em ST quanto em SM e anotar;

- Calcular a média dos valores das análises de CR tanto em ST quanto em SM e anotar;

$$\text{MédiaPAemST} = \left(\frac{\text{somatório dos valores de PA}}{\text{número de amostras}} \right) \text{Média}$$

$$\text{MédiaCRemSM} = \left(\frac{\text{somatório dos valores de CR}}{\text{número de amostras}} \right)$$

$$\text{MédiaCRemST} = \left(\frac{\text{somatório dos valores de CR}}{\text{número de amostras}} \right)$$

| Média de CPA (cm) | | Média de CRP (cm) | |
|--------------------------|------------|--------------------------|------------|
| ST | SSM | ST | SSM |
| | | | |

APÊNDICE C

Compilado dos currículos encontrados por cada descritor da pesquisa na Plataforma
Lattes do CNPq

| PQ | Astrobiologia | Astrobiology | Astroquímica | Extremófilos | Meteorits | Química Prebiótica | Planetas Habitáveis |
|----|---------------|--------------|--------------|--------------|-----------|--------------------|---------------------|
| 1 | X | X | | | | | |
| 2 | | X | | | | | |
| 3 | X | X | | | | | |
| 4 | X | | X | | | | |
| 5 | | | | X | | | |
| 6 | X | X | | X | | | |
| 7 | | | X | | | | |
| 8 | | | | X | | | |
| 9 | X | X | X | | | | |
| 10 | X | | | | | | |
| 11 | | | X | | | | |
| 12 | X | X | X | X | | | X |
| 13 | X | X | | | X | | |
| 14 | X | | | | | | |
| 15 | | X | | | | | |
| 16 | X | X | | | | | X |
| 17 | X | X | X | X | X | X | X |
| 18 | X | X | X | X | | X | |
| 19 | X | | | | | | |
| 20 | X | X | | X | | | |
| 21 | X | | | | | | |
| 22 | X | X | | | | X | |
| 23 | X | | X | | | | |
| 24 | | X | | | | | |
| 25 | X | X | | | | | |
| 26 | X | X | | | | | |
| 27 | X | X | | X | | X | |
| 28 | X | X | X | | | | X |
| 29 | X | X | | | | | |
| 30 | X | | | | | | |
| 31 | X | | | | | | |
| 32 | X | X | | | | | |
| 33 | X | | | | | | |
| 34 | X | | | | | | |
| 36 | | | | | | | X |
| 37 | | | | | X | | |
| 38 | X | X | | X | | | |
| 39 | | | | X | | | |
| 40 | X | | | | | | |
| 41 | X | X | X | X | X | | |
| 42 | X | | | | | | |
| 43 | | | | X | | | |
| 44 | X | | | | | | |
| 45 | X | | | | | | |

APÊNDICE D

Compilado dos currículos encontrados por cada descritor da pesquisa no Bando de Teses e Dissertações da CAPES

| PQ | Astrobiologia | Astrobiology | Astroquímica | Extremófilos | Meteorits | Química Prebiótica | Planetas Habitáveis |
|----|---------------|--------------|--------------|--------------|-----------|--------------------|---------------------|
| 9 | X | | X | | | | |
| 12 | X | | | X | | | |
| 16 | | | | | | X | |
| 18 | X | | | X | | | |
| 23 | X | | X | | | | |
| 25 | X | | | | | | |
| 32 | X | | | | | | |
| 35 | | | | | X | | |
| 41 | X | | X | | | | |
| 44 | | X | | | | | |