

Original Article

Laboratório de Ensaios Farmacológicos e Toxicológicos (LEFT) – Um Núcleo Avançado de Estudos de Saúde Ambiental no Sul do Brasil

Ana Luiza Muccillo-Baisch¹, Júlia Oliveira Penteadó¹, Paula Florencio Ramires¹, Lívia da Silva Freitas¹, Rodrigo de Lima Brum¹, Alicia da Silva Bonifácio¹, Niely Galeão da Rosa Moraes¹, Fernanda Oliveira Reis¹, Fernando Rafael de Moura¹, Carlos Daniel Maciel Aick², Leopoldo dos Santos da Silva², Lisiane Martins Volcão¹, Ronan Adler Tavella¹, Marina dos Santos¹, Gianni Peraza-Cardoso¹, Willian Brizolla da Silva¹, Flávio Manoel Rodrigues da Silva-Júnior^{1,2*}

¹ Laboratório de Testes Farmacológicos e Toxicológicos (LEFT), Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Rio Grande (FURG), Rio Grande, RS, Brazil

² Centro de Engenharias, Universidade Federal de Pelotas (UFPel), Pelotas, RS, Brazil

Received October 30, 2023; Accept October 30, 2023

Resumo

Neste artigo apresentamos um breve histórico, linhas de pesquisas, objetivos e estudos desenvolvidos no Laboratório de Ensaios Farmacológicos e Toxicológicos (LEFT), situado na Universidade Federal de Rio Grande (FURG) no extremo sul do Brasil.

Palavras-chave: Ecotoxicologia terrestre, saúde ambiental, biomarcadores, insegurança alimentar, poluição ambiental, microbiologia ambiental

Abstract

In this article we present a brief history, lines of research, objectives and studies developed at the Laboratório de Ensaios Farmacológicos e Toxicológicos (LEFT), located at the Federal University of Rio Grande (FURG) in the extreme south of Brazil.

Keywords: Terrestrial ecotoxicology, environmental health, biomarkers, food insecurity, environmental pollution, environmental microbiology

INTRODUÇÃO

O Laboratório de Ensaios Farmacológicos e Toxicológicos (LEFT) foi fundado em 2010 e teve origem no antigo Laboratório de Farmacologia de Produtos Naturais liderado pela Professora Doutora Ana Luiza Muccillo-Baisch, enfermeira com doutorado em Sciences Biologique et Médicales Biologie Santé pela Université de Bordeaux II, na França. O LEFT é composto por dois grupos de pesquisa

registrados no Diretório de Grupos de Pesquisas do CNPq: o grupo de Ecotoxicologia Terrestre, criado em 2013, e o grupo de Saúde Ambiental, formado em 2020. Esses grupos foram fundados pelo Professor Doutor Flávio Manoel Rodrigues da Silva Júnior, biólogo, doutor em Ciências Fisiológicas pela Universidade Federal do Rio Grande e presidente da Sociedade Brasileira de Ecotoxicologia a atual coordenador do LEFT (Figura 1).



Figura 1. Líder do Laboratório de Ensaios Farmacológicos e Toxicológicos – LEFT da Universidade Federal do Rio Grande – FURG, Professor Flávio Manoel Rodrigues da Silva Júnior

Os grupos colaboram de maneira sinérgica para o desenvolvimento dos estudos, abordando questões complexas relacionadas à saúde e ao meio ambiente. No campo da Ecotoxicologia Terrestre, o foco está na investigação dos efeitos fisiológicos de poluentes e utilização de biomarcadores para avaliação toxicológica de solos, ecotoxicologia de invertebrados terrestres, espécies vegetais e roedores silvestres. Dentro da área abrangente de Saúde Ambiental, as pesquisas se concentram na farmacologia de produtos naturais, atenção básica e os agravos à saúde da população, estudos com enfoque na saúde ambiental e ocupacional.

A diversidade nas linhas de pesquisa do grupo é uma característica marcante, refletindo as distintas áreas de formação de seus integrantes. Essas áreas abrangem as ciências biológicas (biologia e toxicologia ambiental), as ciências da saúde (medicina, enfermagem, nutrição, educação física e farmácia), as ciências humanas (geografia) e as ciências exatas (engenharias e geoprocessamento). Os membros do grupo estão distribuídos em diversos estados e regiões do Brasil e essa abrangência geográfica enriquece significativamente o grupo, promovendo uma abordagem global e inter- e transdisciplinar nos projetos.

Os estudos já realizados e aqueles em andamento atendem o recente conceito *One Health* assim como estão alinhados e contribuem diretamente para diversos Objetivos de Desenvolvimento (ODS) estabelecidos pela Agenda 2030 como a ODS 3 - Boa saúde e bem estar; ODS 6 - Água limpa e saneamento; ODS 10 - Redução das desigualdades; ODS 11 - Cidades e comunidades sustentáveis; ODS 13 - Combate às alterações climáticas e ODS 15 - Vida sobre a terra.

Em suma, o LEFT representa um núcleo de pesquisa multidisciplinar, que busca elucidar questões que se relacionem nas áreas de Ecotoxicologia Terrestre e Saúde Ambiental.

GRUPOS DE PESQUISA, SUAS LINHAS DE PESQUISA E OS PRINCIPAIS ESTUDOS DESENVOLVIDOS

Ecotoxicologia Terrestre

Este grupo de pesquisa é o primeiro no país na área de ecotoxicologia terrestre, registrado no diretório de grupos

de pesquisa do CNPq, em 2013. O grupo tem como objetivo investigar a toxicidade de contaminantes presentes no solo utilizando diferentes modelos biológicos. Desenvolve pesquisas na linha de pesquisa de biomarcadores para uso em avaliação toxicológica de solos, invertebrados terrestres e espécies vegetais em estudos ecotoxicológicos e roedores silvestres como ferramentas de ecotoxicologia terrestre. Também tem como objetivo ampliar a rede de cooperação com outras instituições que trabalham com a mesma problemática.

Roedores silvestres como ferramentas de ecotoxicologia terrestre

No município de Rio Grande/RS, De Almeida *et al.* (2021) avaliaram os efeitos da exposição aguda à simulação de derramamento acidental de petróleo em *Calomys laucha*, roedor selvagem de dunas. Neste estudo foram avaliados biomarcadores de estresse oxidativo no fígado, rins, pulmões, testículos, músculo da pata e linfócitos de *C. laucha*.

Em outro estudo com *Calomys laucha*, Da Silva Júnior (2013a), avaliaram os efeitos do derrame simulado de petróleo. Para isto utilizaram biomarcadores de dano oxidativo nos testículos, fígado e células sanguíneas (linfócitos) e proteínas e da capacidade antioxidante contra radical peróxil (ACAP).

Também foi realizado estudos com o camundongo *Mus spretus*, roedor nativo da Espanha e Portugal, para investigar os danos genotóxicos e citotóxicos após exposição a um derramamento simulado de petróleo bruto no solo. Os resultados demonstraram que a exposição ao petróleo bruto aumentou as anormalidades espermiáticas, mutagenicidade e citotoxicidade em células da medula óssea e aumento de danos ao DNA em células sanguíneas (da Silva Júnior *et al.*, 2013b). Os estudos com os roedores silvestres visam apontar estas espécies como sentinelas para monitorar e prever os riscos ambientais.

Biomarcadores para uso em avaliação toxicológica de solos

Os biomarcadores bioquímicos no solo referem-se a indicadores específicos ou substâncias químicas que podem ser medidos para avaliar a qualidade, a saúde e a condição do solo (Shi *et al.*, 2017). Eles fornecem informações sobre o estado biológico e químico do solo e podem ser úteis para monitorar a presença de poluentes, a saúde dos ecossistemas e os efeitos das atividades humanas (Norris *et al.*, 2023). Dentre os estudos realizados pelo grupo de pesquisa em relação a avaliação de biomarcadores, Garcia *et al.* (2017) realizaram um estudo sobre genotoxicidade na prole de ratos. O objetivo deste estudo foi avaliar o potencial genotóxico e mutagênico de solo contaminado diluído em soluções ácidas e não ácidas, na prole de ratos expostos durante os períodos de gestação e neonatal. Os achados apontam para riscos potenciais à saúde relacionados à exposição de contaminantes do solo em condições de chuva ácida.

Ainda sobre estudos relacionados aos biomarcadores, Garcia *et al.* (2018) analisaram o efeito da mistura de dois

estressores ambientais, pH e contaminantes metálicos, na prole de ratos expostos durante a gestação e lactação, onde trouxe resultados sobre a exposição à solução com pH 5,2, que diminuiu o peso inicial dos animais, prejudicou alguns parâmetros de desenvolvimento de peso e causou déficit motor no 14º dia. Essas descobertas inéditas revelam que a exposição de progenitores a estressores ambientais pode comprometer a saúde da prole.

Invertebrados terrestres e espécies vegetais em estudos ecotoxicológicos

O grupo de pesquisa também realiza ensaios ecotoxicológicos para avaliar o potencial tóxico de substâncias no solo. Através de ensaios ecotoxicológicos já foram testados contaminantes emergentes, fármacos e elementos-traço utilizando diferentes modelos animais e vegetais. Volcão *et al.* (2020) investigaram a toxicidade de contaminantes emergentes (biocidas clorexidina e triclosan) no isópode *Balloniscus selowii*, avaliando a toxicidade na microbiota do organismo-teste. O grupo realizou uma adaptação de um ensaio multiespécies (MS-3), onde é possível avaliar dois ou mais organismos ao mesmo tempo frente a um contaminante a fim de simular um cenário em escala de microcosmo (Da Silva Júnior *et al.*, 2019a; Ramires *et al.*, 2021). Além disso, o estudo de Reis *et al.* (2023) avaliou a toxicidade de duas especiações químicas do metaloide As (arsenito e arsenato) em solo natural e artificial tropical através de ensaios de toxicidade aguda com a minhoca *Eisenia andrei*.

Honscha *et al.* (2019) avaliaram os solos de áreas protegias através de ensaios ecotoxicológicos com minhocas da espécie *Eisenia andrei* e ensaios de fitotoxicidade e demonstraram que as atividades humanas podem causar impactos negativos até mesmo em áreas de proteção ambiental. Honscha *et al.* (2021) também compararam a toxicidade do solo em áreas de mineração de carvão em processo de recuperação e áreas com atenuação natural com uma área controle. Para isso, foram utilizados testes de fuga com minhocas da espécie *Eisenia andrei*; testes de fuga com o isópode *Armadillidium vulgare*; e o teste de reprodução com o colêmbola *Folsomia candida*. Este estudo mostrou que técnicas de recuperação para áreas degradadas por mineração podem contribuir para a reconstrução do habitat e para a qualidade do solo.

O LEFT avaliou o potencial biocida de substâncias naturais, sobretudo extrato de cogumelos, para o controle de pragas através de ensaios de toxicidade contra organismos não-alvo (Volcão *et al.*, 2022). O ácido úsnico, metabólito de líquens, também foi utilizado para investigar o efeito alelopático contra a bactéria *Burkholderia cepacia* através de ensaios de fitotoxicidade utilizando tomate da espécie *Solanum lycopersicum* (Freitas *et al.*, 2022).

Saúde Ambiental

O Grupo de Saúde Ambiental foi registrado no Diretório do CNPq, em 2020, pelo Dr. Flavio Manoel Rodrigues da Silva

Júnior. As principais linhas de pesquisa do grupo incluem as áreas de Poluição Atmosférica, Poluição do Solo, Insegurança Alimentar e Microbiologia Ambiental.

Poluição Atmosférica

A poluição do ar é composta por misturas de grande complexidade de componentes gasosos e particulados, onde cada um é capaz de exercer efeitos adversos à saúde humana e ambiental (Leão *et al.* 2023). Estes poluentes podem ser de origens diversas, por exemplo, processos industriais, emissões veiculares e queima de combustíveis fósseis. A poluição do ar também está intimamente associada às condições meteorológicas e, portanto, as mudanças climáticas têm impacto na concentração de poluentes atmosféricos (Ingole *et al.*, 2022). A Organização Mundial da Saúde (OMS) concluiu que a carga de doenças atribuíveis à poluição do ar é equivalente a outros principais riscos globais à saúde, como o tabagismo e a dieta não saudável (OMS, 2021). Sendo reconhecida como a maior ameaça ambiental à saúde humana, a poluição pode ser responsável por efeitos agudos e de longo prazo. Os principais efeitos da poluição do ar incluem doenças como aumento dos sintomas respiratórios, diminuição mensurável da função pulmonar e aumento da mortalidade e morbidade relacionada a doenças cardiovasculares (Thabethe *et al.*, 2021).

O grupo de pesquisa vem desempenhando um papel crucial ao conduzir estudos de monitoramento da qualidade do ar nas cidades de Rio Grande e Pelotas durante e após a pandemia de COVID-19. Como resultados dos diferentes trabalhos desenvolvidos pelo grupo, a Universidade Federal do Rio Grande se solidifica como uma das 20 principais instituições no país em termos de publicações sobre poluição do ar (FURG, 2023). Dentro da temática, o grupo realizou estudos em Candiota, uma região extremamente afetada pela extração e beneficiamento do carvão mineral, Rio Grande, Pelotas, e uma série de outras cidades no estado do Rio Grande do Sul.

Estudos importantes durante pandemia de COVID-19 mostraram que a redução dos níveis de poluentes atmosféricos em um período de lockdown na cidade de Rio Grande e foi observado que pequenas cidades possuem um comportamento dos poluentes atmosféricos diferente de grandes metrópoles (Tavella *et al.*, 2022a; Ulguim *et al.*, 2022). A partir disso, também foram realizados estudos avaliando a dinâmica dos poluentes atmosféricos sob o efeito final de semana em pequenas e médias cidades (de Vasconcellos Ceglinski *et al.*, 2022; Tavella *et al.*, 2023a) e em metrópoles tropicais do Brasil (Tavella *et al.*, 2023b).

Honscha *et al.* (2023) realizaram avaliação de risco à saúde humana dos poluentes atmosféricos NO₂ e metais pesados ligados ao SO₂ e PM₁₀, além de avaliarem a correlação de parâmetros meteorológicos para a dinâmica e risco potencial desses poluentes. Também foram realizados estudos avaliando os níveis de poluentes atmosféricos em mais de 10 cidades de médio e pequeno porte no estado do Rio Grande do Sul (Tavella *et al.*, 2022b; Da Silva-Júnior *et al.*, 2023; Brum *et al.*, 2023).

Além dos artigos publicados sobre a temática de poluição do ar, teses, dissertações e trabalhos de conclusão de curso foram desenvolvidos diante dessa temática. Um tópico recente estudado pelo grupo de pesquisa envolve a predição, através de modelos de inteligência artificial, dos impactos causados pelas mudanças climáticas sobre os níveis de poluentes atmosféricos e os efeitos na saúde humana e ambiental. Um estudo recente do grupo de pesquisa avaliou os efeitos do material particulado PM_{2,5} e PM₁₀ sobre a saúde humana em cenários de aumento de 2 e 4 °C de temperatura na cidade de Recife/PE (Leão *et al.*, 2023).

Poluição do Solo

A poluição do solo pode ocorrer pela liberação natural das substâncias químicas pelo intemperismo das rochas ou emissões dos poluentes pelas atividades antropogênicas. Os solos também podem ser contaminados de forma indireta através do transporte dos contaminantes pelos outros compartimentos ambientais (água e atmosfera). A contaminação dos solos pode causar danos à saúde da população exposta aos agentes potencialmente tóxicos (Münzel *et al.*, 2023). Para investigar os potenciais riscos ao ambiente e à saúde humana, nosso grupo tem realizado pesquisas sobre contaminantes emergentes, compostos orgânicos, agrotóxicos, metais e metaloides. Foram realizados estudos para identificar a distribuição espacial da poluição ambiental e os riscos à saúde humana.

Na região de Candiota foram investigados os impactos da atividade mineradora de carvão no ambiente e na saúde da população. Da Silva *et al.* (2019b) investigaram a distribuição espacial das concentrações de metais e metaloides nos solos dessa região. Ramires *et al.* (2022) avaliaram o potencial risco a exposição de metais e metaloides na saúde de crianças e adultos residentes nesta região e Penteado *et al.* (2020) avaliaram o risco à saúde de crianças a exposição de solos contaminados por metais em 3 praças públicas na cidade de Rio Grande/RS, ambas utilizando modelos matemáticos desenvolvidos pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA).

Fernandes *et al.* (2020) realizaram uma revisão crítica para identificar a contaminação dos solos brasileiros por agrotóxicos através do cálculo do quociente de risco e comparação entre os valores de referência para solo canadenses e brasileiros. Este estudo ressalta que apenas 12 unidades federativas brasileiras tinham dados disponíveis sobre concentrações de pesticidas em solos reais brasileiros (Amazonas, Bahia, Maranhão, Mato Grosso, Minas Gerais, Pará, Paraná, Rondônia, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, São Paulo).

Insegurança Alimentar

Segundo a Lei nº 11.346/2006, a Segurança Alimentar e Nutricional (SAN) refere-se à realização do direito de todos ao acesso regular, permanente e irrestrito a alimentos de qualidade. Isso pode ser alcançado tanto por meio da obtenção direta de alimentos quanto por meio de aquisições financeiras

que permitam adquirir alimentos seguros em quantidade e qualidade adequadas, sem prejudicar o acesso a outras necessidades essenciais. Além disso, a SAN deve estar em conformidade com as tradições culturais de cada comunidade e garantir uma vida digna, livre de medo, abrangendo as dimensões física e mental, tanto em nível individual quanto coletivo. A Insegurança Alimentar e Nutricional ocorre quando a SAN não é garantida integralmente.

Nesse sentido, nosso grupo de pesquisa conduziu diversos estudos relacionados ao consumo de alimentos com qualidade nutricional adequada, especialmente investigando a presença de contaminantes ambientais, como metais e agrotóxicos. Uma parte significativa dessas investigações foram concentradas na exposição a metais por parte de adultos e crianças que vivem em áreas próximas à exploração e queima de carvão. Esses estudos contribuíram para uma melhor compreensão dos impactos da qualidade dos alimentos consumidos pela população local para que a SAN fosse garantida.

Avaliamos o conteúdo de Selênio (Se) e Mercúrio presente na água e em alimentos produzidos na região carbonífera, e observamos que as maiores concentrações de Se foram encontradas em alimentos de origem animal (dos Santos 2019a). Além disso, analisamos o risco de exposição ao Se por múltiplas vias de exposição em crianças e observamos que a via dietética foi a principal fonte de exposição ao Se, contribuindo com 96,9% da ingestão total de Se (Dos Santos *et al.*, 2020a). Aprofundamos os estudos na temática e observamos que a ingestão dietética de Se por crianças pode aumentar a excreção urinária e os sintomas clássicos de intoxicação associados, (Dos Santos *et al.*, 2020b).

Com a população adulta, analisamos o estado nutricional, os padrões alimentares e a prevalência de doenças crônicas não transmissíveis (DCNT) e a correlação dessas variáveis com danos ao DNA. Os resultados encontrados pelo grupo sugerem que o estado nutricional e as DCNT aumentam a extensão dos danos ao DNA nos mineiros de carvão (dos Santos *et al.*, 2019b). A prática da nutrição baseada em evidências tem exigido que os estudos sejam bem concebidos e realizados sistematicamente no campo da nutrição clínica.

Dessa maneira, também realizamos um Ensaio Clínico Randomizado (ECR) duplo-cego para avaliar a presença de agrotóxicos e seus principais efeitos à saúde. Fornecemos todas as refeições para 148 voluntários, divididos em: grupo com dieta de alimentos convencionais e grupo de alimentos orgânicos. Avaliamos parâmetros bioquímicos e genéticos antes e após a intervenção, além de quantificar os agrotóxicos presentes nos alimentos e na urina dos participantes. Os parâmetros bioquímicos e as medidas de dano genético permaneceram dentro dos limites normais estabelecidos. Mesmo assim, nossos achados demonstraram que indivíduos com dieta predominantemente convencional apresentavam níveis urinários mais elevados de inseticidas. Portanto, enfatizamos a importância da realização dos nossos estudos para a área de nutrição toxicológica e garantia da SAN.

Microbiologia Ambiental

A microbiologia ambiental representa uma área interdisciplinar dedicada à investigação dos microrganismos presentes nos diversos componentes do ambiente, tais como solo, água, ar e sedimentos. Estes microrganismos, que incluem bactérias, vírus, fungos e outras formas microbianas, desempenham papéis cruciais nos ecossistemas naturais, exercendo influência direta na qualidade ambiental e participando de essenciais processos biogeoquímicos. As pesquisas da área de microbiologia ambiental têm como objetivo principal compreender a diversidade, metabolismo e as complexas interações dos microrganismos com o ambiente.

Dentro do escopo da microbiologia ambiental, destacamos dentro do nosso grupo os estudos que avaliam o perfil metabólico da comunidade microbiana do solo utilizando o ensaio com BIOLOG Ecoplate. Nessa metodologia, são utilizadas microplacas de 96 poços contendo, em triplicata, 31 diferentes fontes de carbono entre carboidratos, polímeros, ácidos carboxílicos, aminoácidos e amidas/aminas nas quais são disponibilizadas aos microrganismos de uma amostra de solo exposto a uma determinada condição (Brum *et al.*, 2022).

Nosso grupo de pesquisa investigou os impactos no solo oriundos das atividades de mineração, avaliando áreas recuperadas e áreas controle, através de ensaios microbiológicos como o BIOLOG Ecoplate e teste de toxicidade para as bactérias *Escherichia coli* e *Staphylococcus aureus* (Honscha *et al.*, 2021). A BIOLOG Ecoplate também foi utilizada para avaliar o perfil metabólico da comunidade microbiana de um solo exposto ao arsenato e arsenito em exposições de curta e longa duração (3, 30, 180 e 360 dias). Foi observado que os microrganismos possuem diferentes perfis de consumo de acordo com o tempo em que foram expostos às diferentes formas de As (Brum *et al.*, 2022).

Através da BIOLOG Ecoplate, um dos nossos estudos teve como objetivo avaliar o perfil funcional da microbiota do solo e do intestino das minhocas californianas em solo contaminado por ceftriaxona. Solos contaminados com diferentes concentrações de ceftriaxona (0, 1 e 10 mg/kg) foram incubados durante 14 dias, na presença ou ausência da minhoca *Eisenia andrei*. Ao final do período, foi avaliado o perfil fisiológico da microbiota do solo e da microbiota intestinal das minhocas. O estudo não identificou impacto significativo das concentrações de ceftriaxona no perfil fisiológico da microbiota do solo. Além disso, a presença das minhocas não influenciou a comunidade microbiana, mesmo sendo fundamentais para a qualidade do solo (da Silva Freitas *et al.*, 2023). Essa metodologia também foi utilizada como um dos testes aplicados no ensaio multiespécies (MS-3) com o bactericida triclosan de Ramires *et al.* (2021).

Disparidades Étnico-Raciais

O Brasil é um país com uma rica diversidade étnica e racial, no entanto, as desigualdades afetam de forma desproporcional certos grupos minoritários. A população não-branca experimenta condições sociais e ambientais adversas que os predispõe a desvantagens, como por exemplo, barreiras para acessar cuidados de saúde, viver em ambientes físicos seguros, receber educação de qualidade e oportunidades iguais de emprego (Churchwell *et al.*, 2020). Essas barreiras são estruturais e tornam esses grupos historicamente mais vulneráveis, impedindo o acesso a vários campos, como os serviços de saúde e ambientes acadêmicos.

A promoção da diversidade étnico-racial é um componente fundamental nesse contexto, bem como estudos que avaliem as disparidades étnico-raciais nos diversos âmbitos da saúde e o desenvolvimento de projetos interdisciplinares irão permitir uma compreensão mais ampla e profunda dos desafios enfrentados. Já que a busca por uma sociedade mais inclusiva e igualitária tem sido uma preocupação crescente no campo da ciência, é essencial que existam mais estudos e pesquisas acerca dessa temática. Desta forma, essa linha de pesquisa foi criada recentemente visando combater essas desigualdades.

Do Santos *et al.* (2023) constataram disparidade na prevalência dos casos de COVID-19 na população não-branca nos estados e capitais brasileiras no ano de 2020. Este estudo

mostrou taxas de mortalidade por COVID-19 maiores entre não-brancos (pretos, pardos ou indígenas). As mortes em excesso (acima do esperado) por COVID-19 foram de 9,3 mil entre não-brancos no ano de 2020.

Além disso, recentemente foi criado um grupo de ensino, pesquisa e extensão nomeado “Diversidade Étnico-Racial: Um Olhar Interdisciplinar” que visa promover debates no meio acadêmico e científico sobre as disparidades étnico-raciais existentes e estabelecer colaboração interprofissional a fim de promover a inclusão, igualdade e representatividade de grupos minoritários.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste artigo apresentamos os estudos desenvolvidos pelos grupos de pesquisas vinculados ao Laboratório de Ensaios Farmacológicos (LEFT) (Figura 2). Mostramos a diversidade das temáticas e questões estudadas sempre abordando a relação da saúde e do meio ambiente. Tais investigações foram possíveis pela distribuição geográfica dos membros do grupo e pela diversidade na formação destes, possibilitando uma abordagem global e interdisciplinar em nossos estudos.



Figura 2. Parte dos integrantes do LEFT.

REFERÊNCIAS

- Brum, R. D. L., Tavella, R. A., Ramires, P. F., Santos, J. E. K., Klein, R. D., & Júnior, F. M. R. D. S. (2023). Ozone and PM2.5 behavior in small cities in southern Brazil. *VITTALLE-Revista de Ciências da Saúde*, 35(1), 62-72.
- Churchwell, K., Elkind, M. S., Benjamin, R. M., Carson, A. P., Chang, E. K., Lawrence, W., ... & American Heart Association. (2020). Call to action: structural racism as a fundamental driver of health disparities: a presidential advisory from the American Heart Association. *Circulation*, 142(24), e454-e468.
- da Silva Freitas, L., de Lima Brum, R., da Silva Bonifácio, A., Volcão, L. M., da Silva Júnior, F. M. R., & Ramos, D. F. (2023). Assessment of the Impact of Ceftriaxone on the Functional Profile of Soil Microbiota Using Biolog EcoPlate™. *Soil Systems*, 7(2), 55.

- da Silva Júnior, F. M. R., Monarca, R. I., Dias, D., da Graça Ramalhinho, M., da Luz Mathias, M., & Muccillo-Baisch, A. L. (2013a). Geno- and cyto-toxicity in free-living rodent *Mus spretus* exposed to simulated onshore oil spill. *Bulletin of environmental contamination and toxicology*, 91, 465-468.
- da Silva Júnior, F. M. R., de Almeida, K. A., Silva, P. F., Colares, E. P., & Baisch, A. L. M. (2013b). Estresse oxidativo induzido por petróleo no ratinho-das-dunas: *Calomys laucha* (Rodentia, Cricetidae). *Natural Resources*, 3(2), 10-10.
- da Silva Júnior, F. M. R., Mendonça, F. S., Volcão, L. M., & Honscha, L. C. (2019a). Ecotoxicological assessment of BTEX to soil organisms using a terrestrial microcosm: multispecies soil system (MS-3). *International journal of Environmental Science and Technology*, 16, 4465-4470.
- da Silva Júnior, F. M. R., Ramires, P. F., Dos Santos, M., Seus, E. R., Soares, M. C. F., Muccillo-Baisch, A. L., ... & Baisch, P. R. M. (2019b). Distribution of potentially harmful elements in soils around a large coal-fired power plant. *Environmental Geochemistry and Health*, 41, 2131-2143.
- da Silva Júnior, F. M. R., de Moura, F. R., de Lima Brum, R., & Tavella, R. A. (2023). Air pollution—A look beyond big cities. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 19(2), 295-297.
- de Almeida, K. A., Garcia, E. M., Penteadó, J. O., Tavella, R. A., Fernandes, C. L. F., Ramires, P. F., ... & da Silva Júnior, F. M. R. (2021). Multimarker approach to assess the exposure of the wild rodent *Calomys laucha* to a simulated crude oil spill. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 2236-2244.
- de Lima Brum, R., Volcão, L. M., da Silva Freitas, L., Santos, J. E. K., Coronas, M. V., Ventura-Lima, J., ... & da Silva Júnior, F. M. R. (2022). Metabolic Profile of the Soil Microbial Community Exposed to Arsenite and Arsenate: a 1-Year Experiment. *Water, Air, & Soil Pollution*, 233(8), 317.
- de Vasconcellos Ceglinski, L., Tavella, R. A., da Silva Bonifácio, A., Santos, J. E. K., & da Silva Júnior, F. M. R. (2022). Weekend effect on air pollutant levels in southernmost cities of Brazil with different economic activities. *Environmental Monitoring and Assessment*, 194(11), 834.
- Dos Santos, M., Soares, M. C. F., Baisch, P. R. M., Baisch, A. L. M., & da Silva Júnior, F. M. R. (2018). Biomonitoring of trace elements in urine samples of children from a coal-mining region. *Chemosphere*, 197, 622-626.
- Dos Santos, M. D., da Silva Júnior, F. M. R., Zurdo, D. V., Baisch, P. R. M., Muccillo-Baisch, A. L., & Madrid, Y. (2019a). Selenium and mercury concentration in drinking water and food samples from a coal mining area in Brazil. *Environmental Science and Pollution Research*, 26, 15510-15517.
- Dos Santos, M., Penteadó, J. O., Soares, M. C. F., Muccillo-Baisch, A. L., & Da Silva-Júnior, F. M. R. (2019b). Association between DNA damage, dietary patterns, nutritional status, and non-communicable diseases in coal miners. *Environmental Science and Pollution Research*, 26, 15600-15607.
- Dos Santos, M., Ramires, P.F., Gironés, M.C.R., Armendáriz, M.D.C.R., Mongelongo, S.P., Muccillo-Baisch, A. L., & Da Silva-Júnior, F. M. R. (2020a). Multiple exposure pathways and health risk assessment of selenium for children in a coal mining area. *Environ Sci Pollut Res Int.*, 11:13562-13569.
- Dos Santos, M., Penteadó, J. O., Baisch, P.R.M., Meira, B.M., Muccillo-Baisch, A. L., & Da Silva-Júnior, F. M. R. (2020b). Dietary selenium intake, urinary excretion and toxicity symptoms in children from a coal mining area in Brazil. *Environmental Health Geochemistry*, 43(1):65-75.
- Dos Santos, M., Oliveira Penteadó, J., de Lima Brum, R., da Silva Bonifácio, A., Florêncio Ramires, P., de Franceschi Gariboti, D., ... & da Silva Júnior, F. M. R. (2023). Ethnic/Racial disparity in Mortality from COVID-19: data for the Year 2020 in Brazil. *Spatial Demography*, 11(1), 1-17.
- Fernandes, C. L. F., Ramires, P. F., de Moura, R. R., de Souza Pohren, R., Volcão, L. M., & da Silva Júnior, F. M. R. (2020). Quais agrotóxicos estão contaminando os solos brasileiros? *Research, Society and Development*, 9(3), e114932569-e114932569.
- Freitas, L. D. S., Caprara, C. D. S. C., Volcão, L. M., Brum, R. D. L., Barbosa, I., da Silva Jr, F. M. R., & Ramos, D. F. (2022). Usnic Acid (+) Enantiomer in Alternative In Vitro Control of *Burkholderia cepacia* and Allelopathic Effect. *Applied In Vitro Toxicology*, 8(2), 58-63.
- FURG. (2023) Grupo de Pesquisa em Saúde Ambiental comemora três anos e coloca a FURG no mapa dos estudos de poluição do ar. <https://www.furg.br/noticias/noticias-pesquisa-e-inovacao/grupo-de-pesquisa-em-saude-ambiental-comemora-tres-anos-e-coloca-a-furg-no-mapa-dos-estudos-de-poluicao-do-ar>
- Garcia, E. M., da Silva Junior, F. M. R., Soares, M. C. F., & Muccillo-Baisch, A. L. (2015). Developmental effects of parental exposure to soil contaminated with urban metals. *Science of the Total Environment*, 520, 206-212.
- Garcia, E. M., da Silva Júnior, F. M. R., Baisch, P. R. M., Soares, M. C. F., & Muccillo-Baisch, A. L. (2018). Effect of mixing two environmental stressors, pH and metal contaminants, on offspring of rats exposed during gestation and lactation. *Environmental Science and Pollution Research*, 25, 35555-35561.
- Garcia, E. M., da Silva Junior, F. M. R., Tavella, R. A., Cruz, C. G., Baisch, P. R. M., & Muccillo-Baisch, A. L. (2017). Genotoxicity in the offspring of rats exposed to contaminated and acidified experimentally soils. *Water, Air, & Soil Pollution*, 228, 1-7.
- Honscha, L. C., de Moura, R. R., Baisch, P. R. M., & Da Silva Júnior, F. M. R. (2019). Increasingly distant from Eden—a look at the soils of protected areas using ecotoxicological tests and chemical analysis. *Water, Air, & Soil Pollution*, 230(7), 162.
- Honscha, L. C., Campos, A. S., Tavella, R. A., Ramires, P. F., Volcão, L. M., Halicki, P. C. B., ... & da Silva Júnior, F. M. R. (2021). Bioassays for the evaluation of reclaimed opencast coal mining areas. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 26664-26676.
- Honscha, L. C., Reis, F. O., Aikawa, P., Coronas, M. V., Muccillo-Baisch, A. L., Baisch, P. R. M., & da Silva Júnior, F. M. R. (2023). Human health risk assessment of air pollutants in the largest coal mining area in Brazil. *Environmental Science and*

- Pollution Research, 30(21), 59499-59509.
- Ingole, V., Dimitrova, A., Sampedro, J., Sacoor, C., Acacio, S., Juvekar, S., ... & Tonne, C. (2022). Local mortality impacts due to future air pollution under climate change scenarios. *Science of the Total Environment*, 823, 153832.
- Leão, M. L. P., Zhang, L., & da Silva Júnior, F. M. R. (2023). Effect of particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀) on health indicators: climate change scenarios in a Brazilian metropolis. *Environmental Geochemistry and Health*, 45(5), 2229-2240.
- Münzel, T., Hahad, O., Daiber, A., & Landrigan, P. J. (2023). Soil and water pollution and human health: what should cardiologists worry about? *Cardiovascular research*, 119(2), 440-449.
- Norris, C. E., Swallow, M. J., Liptzin, D., Cope, M., Mac Bean, G., Cappellazzi, S. B., ... & Honeycutt, C. W. (2023). Use of phospholipid fatty acid analysis as phenotypic biomarkers for soil health and the influence of management practices. *Applied Soil Ecology*, 185, 104793.
- Penteado, J. O., de Lima Brum, R., Ramires, P. F., Garcia, E. M., Dos Santos, M., & da Silva Júnior, F. M. R. (2021). Health risk assessment in urban parks soils contaminated by metals, Rio Grande city (Brazil) case study. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 208, 111737.
- Ramires, P. F., Tavella, R. A., Escarrone, A. L., Volcão, L. M., Honscha, L. C., de Lima Brum, R., ... & da Silva Júnior, F. M. R. (2021). Ecotoxicity of triclosan in soil: An approach using different species. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 41233-41241.
- Ramires, P. F., Dos Santos, M., Paz-Montelongo, S., Rubio-Armendáriz, C., Adamatti, D., Fiasconaro, M. L., & da Silva Júnior, F. M. R. (2023). Multiple exposure pathways and health risk assessment of potentially harmful elements for children and adults living in a coal region in Brazil. *Environmental Geochemistry and Health*, 45(2), 305-318.
- Reis, F. O., de Moura Garcia, E., Volcão, L. M., Tavella, R. A., de Lima Brum, R., Müller, L., ... & da Silva Júnior, F. M. R. (2023). Arsenite and arsenate toxicity in the earthworm *Eisenia andrei* (Bouché 1972) in natural soil and tropical artificial soil. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(5), 12872-12882.
- Shi, Z., Tang, Z., & Wang, C. (2017). A brief review and evaluation of earthworm biomarkers in soil pollution assessment. *Environmental Science and Pollution Research*, 24, 13284-13294.
- SISAN – Sistema Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional. (2006). Lei nº 11.346, de 15 de setembro de 2006. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/111346.htm.
- Tavella, R. A., Fernandes, C. L. F., Penteado, J. O., De Lima Brum, R., Florencio Ramires, P., Coutelle Honscha, L., ... & Da Silva Júnior, F. M. R. (2022a). Unexpected reduction in ozone levels in a mid-size city during COVID-19 lockdown. *International Journal of Environmental Health Research*, 32(8), 1801-1814.
- Tavella, R. A., de Lima Brum, R., Ramires, P. F., Santos, J. E. K., Carvalho, R. B., Marmett, B., ... & da Silva Júnior, F. M. R. (2022b). Health impacts of PM_{2.5}-bound metals and PAHs in a medium-sized Brazilian city. *Environmental Monitoring and Assessment*, 194(9), 622.
- Tavella, R. A., da Rosa Moraes, N. G., Aick, C. D. M., Ramires, P. F., Pereira, N., Soares, A. G., & da Silva Júnior, F. M. R. (2023a). Weekend effect of air pollutants in small and medium-sized cities: The role of policies stringency to COVID-19 containment. *Atmospheric Pollution Research*, 14(2), 101662.
- Tavella, R. A., Reis, F. O., da Silva Bonifácio, A., da Rosa Moraes, N. G., Aick, C. D. M., Nadaleti, W. C., ... & da Silva Júnior, F. M. R. (2023b). Weekend Effect of Air Pollutants in a Tropical Brazilian Metropolis. *Water, Air, & Soil Pollution*, 234(8), 1-13.
- Thabethe, N. D. L., Voyi, K., & Wichmann, J. (2021). Association between ambient air pollution and cause-specific mortality in Cape Town, Durban, and Johannesburg, South Africa: any susceptible groups? *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 42868-42876.
- Ulgum, S. M., Tavella, R. A., Dias, D., & Rodrigues, F. M. (2022). Dinâmica dos Poluentes Atmosféricos e o Modelo de Distanciamento Controlado do Rio Grande do Sul para Controle da Pandemia da Covid-19.
- Volcão, L. M., Fraga, L. S., de Lima Brum, R., de Moura, R. R., Bernardi, E., Ramos, D. F., & da Silva Júnior, F. M. R. (2020). Toxicity of biocide formulations in the soil to the gut community in *Balloniscus selowii* Brandt, 1983 (Crustacea: Isopoda: Oniscidea). *Water, Air, & Soil Pollution*, 231, 1-8.
- Volcão, L. M., Halicki, P. C. B., Christ-Ribeiro, A., Ramos, D. F., Badiale-Furlong, E., Andreatza, R., ... & da Silva Júnior, F. M. R. (2022). Mushroom extract of *Lactarius deliciosus* (L.) Sf. Gray as biopesticide: Antifungal activity and toxicological analysis. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A*, 85(2), 43-55.
- WHO – World Health Organization. (2021). WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM 2.5 and PM 10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. Geneva: World Health Organization.

