



**stricto
ensu**
Editora

PRODUÇÃO DO CONHECIMENTO EM EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA 2

ISBN: 978-65-86283-92-1

Organizadora:

Naila Fernanda Sbsczk Pereira Meneguetti

2023

Naila Fernanda Sbsczk Pereira Meneguetti
(Organizadora)

Produção do Conhecimento em Educação, Ciência e Tecnologia 2

Rio Branco, Acre

Stricto Sensu Editora

CNPJ: 32.249.055/001-26

Prefixos Editorial: ISBN: 80261 – 86283 / DOI: 10.35170

Editora Geral: Profa. Dra. Naila Fernanda Sbsczk Pereira Meneguetti

Editor Científico: Prof. Dr. Dionatas Ulises de Oliveira Meneguetti

Bibliotecária: Tábata Nunes Tavares Bonin – CRB 11/935

Capa: Elaborada por Led Camargo dos Santos (ledcamargo.s@gmail.com)

Avaliação: Foi realizada avaliação por pares, por pareceristas *ad hoc*

Revisão: Realizada pelos autores e organizadores

Conselho Editorial

Prof^a. Dr^a. Ageane Mota da Silva (Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Acre)

Prof. Dr. Amilton José Freire de Queiroz (Universidade Federal do Acre)

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto (Universidade Federal de Goiás – UFG)

Prof. Dr. Edson da Silva (Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri)

Prof^a. Dr^a. Denise Jovê Cesar (Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Santa Catarina)

Prof. Dr. Francisco Carlos da Silva (Centro Universitário São Lucas)

Prof. Dr. Humberto Hissashi Takeda (Universidade Federal de Rondônia)

Prof. Msc. Herley da Luz Brasil (Juiz Federal – Acre)

Prof. Dr. Jader de Oliveira (Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - UNESP - Araraquara)

Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos (Universidade Federal do Piauí – UFPI)

Prof. Dr. Leandro José Ramos (Universidade Federal do Acre – UFAC)

Prof. Dr. Luís Eduardo Maggi (Universidade Federal do Acre – UFAC)

Prof. Msc. Marco Aurélio de Jesus (Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Rondônia)

Prof^a. Dr^a. Mariluce Paes de Souza (Universidade Federal de Rondônia)

Prof. Dr. Paulo Sérgio Bernarde (Universidade Federal do Acre)

Prof. Dr. Romeu Paulo Martins Silva (Universidade Federal de Goiás)

Prof. Dr. Renato Abreu Lima (Universidade Federal do Amazonas)

Prof. Dr. Rodrigo de Jesus Silva (Universidade Federal Rural da Amazônia)

Ficha Catalográfica

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

P964

Produção do conhecimento em educação, ciência e tecnologia 2 /
Naila Fernanda Sbsczk Pereira Meneguetti (org.). – Rio
Branco: Stricto Sensu, 2023.

V. 2

65 p. : il.

ISBN: 978-65-86283-92-1

DOI: 10.35170/ss.ed.9786586283921

1. Educação. 2. Ciência. 3. Tecnologia. I. Meneguetti, Naila
Fernanda Sbsczk Pereira. II. Título.

CDD 22. ed. 370.7

Bibliotecária Responsável: Tábata Nunes Tavares Bonin / CRB 11-935

O conteúdo dos capítulos do presente livro, correções e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

É permitido o download deste livro e o compartilhamento do mesmo, desde que sejam atribuídos créditos aos autores e a editora, não sendo permitido à alteração em nenhuma forma ou utilizá-lo para fins comerciais.

www.sseditora.com.br

APRESENTAÇÃO

O livro *Produção do Conhecimento em Educação, Ciência e Tecnologia 2* aborda temáticas de interesse multidisciplinar, abrangendo diversas áreas do conhecimento a partir de pesquisas realizadas no âmbito de instituições de ensino.

O capítulo 1 apresenta um recorte de um projeto desenvolvido na E.E.E.M. Albatroz referente a saúde dos alunos, teve como principal objetivo traçar um panorama sobre a saúde dos alunos buscando a indicação por parte dos alunos de ações e políticas para a direção escolar. O capítulo 2 tem como objetivo investigar a utilização das tecnologias da informação e comunicação como metodologia facilitadora da aprendizagem educacional. O capítulo 3 trata de avaliar as respostas anatômicas e morfológicas de plantas nativas da Amazônia expostas a metais pesados, estudo necessário para que se possa compreender melhor a atuação dos metais na anatomia das plantas em geral. E por fim, o capítulo 4 é uma revisão bibliográfica com objetivo de reunir informações sobre como as plantas reagem quando expostas a diferentes concentrações de metais pesados e como as trocas gasosas, o metabolismo do nitrogênio e do carbono vão ser modificados após essa exposição.

Espera-se que esse livro possa servir como base para novas pesquisas com a finalidade de agregar conhecimentos nas áreas de inovação e tecnologia.

Boa leitura!

SUMÁRIO

CAPÍTULO. 1.....07

ANÁLISE DA SAÚDE DOS ESTUDANTES DA E.E.E.M ALBATROZ: UM OLHAR SOBRE A IMAGEM CORPORAL

Jenifer Popsin (E.E.E.M Albatroz)

Ana Luiza Rosa Vieira (E.E.E.M Albatroz)

Leonardo Pospichil Lima Neto (Instituto Federal do Rio Grande do Sul)

DOI: 10.35170/ss.ed.9786586283921.01

CAPÍTULO. 2.....17

DIFICULDADES DE UTILIZAÇÃO DAS TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO POR DOCENTES DE UMA ESCOLA ESTADUAL NO MUNICÍPIO DE MANAUS – AMAZONAS

Daniel da Silva Rabelo (SEDUC/AM)

Lauro Henrique da Silva Cardoso (Universidad San Lorenzo)

DOI: 10.35170/ss.ed.9786586283921.02

CAPÍTULO. 3.....32

RESPOSTAS ANATÔMICAS E MORFOLOGICAS DE PLANTAS NATIVAS DA AMAZONIA EXPOSTAS A METAIS PESADOS

Dayane dos Santos Costa (Universidade Federal Rural da Amazônia)

Leticia Roberta Melo Monteiro (Universidade Federal Rural da Amazônia)

Lilian Tatiana Costa Barros (Universidade Federal Rural da Amazônia)

Evelyn Luane Pinheiro de Figueiredo (Universidade Federal Rural da Amazônia)

Luma Castro de Souza (Universidade Federal do Maranhão)

Ana Ecídia de Araújo Brito (FAPESPA)

Raphael Leone da Cruz Ferreira (Instituto Federal do Amapá)

Joze Melisa Nunes de Freitas (Universidade Federal Rural da Amazônia)

Cândido Ferreira de Oliveira Neto (Universidade Federal Rural da Amazônia)

Ricardo Shigueru Okumura (Universidade Federal Rural da Amazônia)

DOI: 10.35170/ss.ed.9786586283921.03

CAPÍTULO. 4.....46

RESPOSTAS DAS TROCAS GASOSAS, DO METABOLISMO DO CARBONO E NITROGÊNIO EM PLANTAS CONTAMINADAS POR METAIS PESADOS

Girlanda Squires Raiol (Universidade Federal Rural da Amazônia)

Anna Márcia da Silva Dias (Universidade Federal Rural da Amazônia)

Luma Castro de Souza (Universidade Federal do Maranhão)

Ana Ecídia de Araújo Brito (FAPESPA)

Glauco Andre dos Santos Nogueira (FAPESPA)

Vitor Resende do Nascimento (Universidade Federal do Pará)

Raphael Leone da Cruz Ferreira (Instituto Federal do Amapá)

Joze Melisa Nunes de Freitas (Universidade Federal Rural da Amazônia)

Cândido Ferreira de Oliveira Neto (Universidade Federal Rural da Amazônia)

Ricardo Shigueru Okumura (Universidade Federal Rural da Amazônia)

DOI: 10.35170/ss.ed.9786586283921.04

ORGANIZADORA.....63

ÍNDICE REMISSIVO64

ANÁLISE DA SAÚDE DOS ESTUDANTES DA E.E.E.M ALBATROZ: UM OLHAR SOBRE A IMAGEM CORPORAL

Jenifer Popsin Corrêa¹, Ana Luiza Rosa Vieira¹ e Leonardo Pospichil Lima Neto²

1. Escola Estadual de Ensino Médio Albatroz, Osório, Rio Grande do Sul, Brasil;

2. Instituto Federal do Rio Grande do Sul (IFRS) - Campus Osório, curso de Licenciatura em Matemática, Osório, Rio Grande do Sul, Brasil.

RESUMO

O trabalho a seguir apresenta um recorte de um projeto desenvolvido na E.E.E.M. Albatroz referente a saúde dos alunos. O projeto teve como principal objetivo traçar um panorama sobre a saúde dos alunos e realizar um comparativo com a Pesquisa Nacional de Saúde do Escolar (PeNSE), desenvolvida pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), buscando a indicação por parte dos alunos de ações e políticas para a direção escolar. Este recorte é focado no tema "imagem corporal". A pesquisa ocorreu com alunos dos 13 aos 17 anos e procurou perceber a importância da escola no desenvolvimento dos alunos principalmente ao nível da autoestima e o que isto significa para a sua saúde. É claro que os adolescentes dessa faixa etária se preocupam muito com a aparência e, sob esse ponto de vista, é necessário aumentar a conscientização sobre esse tema, a fim de encontrar maneiras de melhorar suas vidas, já que diversas vezes, por conta de sua imagem, acabam botando em risco sua saúde. A investigação apresenta quanti-qualitativo, buscando traçar um panorama referente à saúde dos alunos, focada neste recorte, em aspectos sobre a percepção da imagem corporal. Para isto, foi desenvolvido um questionário através da plataforma Google Forms, onde foram disponibilizadas questões de múltipla escolha para os alunos. Cabe o destaque para que fosse mantido o anonimato e não comprometesse os resultados da pesquisa, todos os questionários não foram identificados. O principal resultado se dá sobre a satisfação dos alunos quanto ao próprio corpo. Quando questionados se os mesmos se sentem satisfeitos com seu corpo, 59,3% responderam que não. Tal fato mostra-se preocupante, uma vez que este aspecto afeta diretamente a saúde e o psicológico dos alunos. Em contraponto, 41 deles informaram estar no peso ideal. Por fim, tendo em vista os resultados evidenciados, foi indicado à direção escolar a busca por uma parceria com um psicólogo, buscando a disposição de plantões para os alunos. A pesquisa ainda se mantém em desenvolvimento, aumentando a pesquisa para duas escolas do município de Osório/RS. **Palavras-chave:** Adolescência, Imagem Corporal, Satisfação e Escola.

ABSTRACT

The following paper presents an excerpt from a project developed at E.E.E.M. Albatroz regarding the health of students. The main objective of the project was to draw an overview of the health of students and to make a comparison with the National Survey of School Health, developed by the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE),

seeking the indication by students of actions and policies for school management. This clipping is focused on the theme of "body image". The research occurred with students from 13 to 17 years old and sought to realize the importance of school in the development of students, especially at the level of self-esteem and what this means for your health. Of course, teenagers in this age group care a lot about their appearance, and from this point of view, it is necessary to raise awareness about this topic in order to find ways to improve their lives, since the many times, because of their image, end up endangering their health. The investigation presents quantitative-qualitative, seeking to draw a panorama regarding the health of the students, focused on this cut, in aspects about the perception of body image. For this, a questionnaire was developed through the Google Forms platform, where multiple choice questions were made available to students. It is worth mentioning that anonymity was maintained and did not compromise the results of the research, all questionnaires were not identified. The main result is about the students' satisfaction with their own body. When asked if they feel satisfied with their body, 59.3% said no. This fact is worrisome, since this aspect directly affects the health and psychological health of students. In contrast, 41 of them reported being at their ideal weight. Finally, in view of the results evidenced, the school management was indicated to seek a partnership with a psychologist, seeking the disposition of shifts for students. The research is still under development, increasing the research to two schools in the city of Osório/RS.

Keywords: Adolescence, Body Image, Satisfaction and School.

1. INTRODUÇÃO

Este trabalho tem como objetivo apresentar um recorte de um projeto transversal e analítico executado na cidade de Osório/RS, sendo este realizado na E.E.E.M. Albatroz na disciplina de Matemática e referente a saúde dos alunos. A investigação foi realizada com 86 alunos de 13 a 17 anos, buscando entender a importância que a instituição escolar tem na construção do aluno, essencialmente em questões de autoestima, e no que estas questões acarretam na saúde dos mesmos.

A imagem corporal pode ser conceituada como uma construção multidimensional, que representa como os indivíduos pensam, sentem e se comportam a respeito de seus atributos físicos. Ela pode ser vista como a relação entre o corpo de uma pessoa e os processos cognitivos como crenças, valores e atitudes individuais (PETROSKI; PELEGRINI; GLANER 2012).

É evidente que adolescentes nessa faixa etária se preocupam e muito com a sua aparência que está em constante modificação, em função de que, segundo Almeida et al. (2018). "Na adolescência, período de aceleração do crescimento e de mudanças corporais, podem ocorrer comportamentos de contestação que tornam o indivíduo vulnerável a preocupações ligadas ao corpo e a aparência."

Sob esta ótica surge a necessidade de tomar conhecimento sobre este assunto, a fim de encontrarmos alguma maneira de trazermos melhora para suas vidas, já que diversas vezes, por conta de sua imagem, acabam botando em risco sua saúde.

A distorção da imagem corporal pode levar adolescentes a adotarem hábitos de controle de peso não saudáveis, com consequente ingestão inadequada de energia e nutrientes, além de distúrbios psíquicos como transtornos de ansiedade e de humor (NOGUEIRA-DE-ALMEIDA et al., 2018).

Nesta perspectiva, quando estão insatisfeitos com o peso e a forma atual do corpo, e decidem sem nenhuma orientação médica praticar dietas para perder ou ganhar peso, pode ocasionar futuras perturbações no comportamento alimentar.

O projeto teve como principal objetivo traçar um panorama sobre a saúde dos alunos e realizar um comparativo com a Pesquisa Nacional de Saúde do Escolar (PeNSE), desenvolvida pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), buscando a indicação, por parte dos alunos, de ações e políticas para a direção escolar. Este recorte é focado no tema "imagem corporal" (IC).

2. MÉTODOS

A investigação realizada apresenta um estudo analítico com cunho quanti-qualitativo, visto que utilizando-se de recursos metodológicos quantitativos e qualitativos se busca traçar um panorama referente à saúde dos alunos, focada neste recorte, em aspectos sobre a percepção da IC, tendo em vista que, segundo Minayo (2014):

O método qualitativo é o que se aplica ao estudo da história, das relações, das representações, das crenças, das percepções e das opiniões, produtos das interpretações que os humanos fazem a respeito de como vivem, constroem seus artefatos e a si mesmos, sentem e pensam (MINAYO, 2014).

Para o andamento do projeto, foi realizada uma adaptação da Pesquisa Nacional da Saúde do Escolar (PeNSE), desenvolvida pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), onde foi realizado o desenvolvimento dos instrumentos de coleta de dados, aplicação dos questionários, análise e divulgação dos resultados e indicação de ações para a direção escolar, visando uma melhora no bem estar e saúde dos alunos.

No primeiro momento, foi realizado o desenvolvimento de questões que estruturam os instrumentos de coleta. Posteriormente, antes da aplicação dos questionários, houve uma divulgação da pesquisa nas salas de aula, explicando a importância da saúde dos alunos no âmbito escolar e o papel que a escola detém nesse meio. Assim, foi especificado que a pesquisa não era obrigatória e que suas identidades não seriam reveladas ou comprometidas, fazendo assim com que os mesmos se sentissem à vontade para responder e que se assim o fizessem, suas respostas fossem verdadeiras fazendo com que assim os resultados da pesquisa não fossem comprometidos.

Para a então pesquisa foram pensadas e desenvolvidas na própria disciplina de matemática questões específicas de múltipla escolha para os alunos, onde foram disponibilizadas no questionário através da plataforma *Google Forms*, visando a facilidade para que os mesmos pudessem responder. Em seguida, foi separada a sala da biblioteca da escola, tendo em mente um ambiente tranquilo e aconchegante onde os alunos pudessem se sentir confortáveis para responder ao questionário.

Logo após explicarmos a presente pesquisa aos alunos e alguns se voluntariaram, os mesmos foram levados até a sala da biblioteca onde já haviam microcomputadores postos sob as mesas já abertos com a pesquisa, onde foi explicado novamente que precisavam apenas responder a mesma, sem terem que colocar qualquer uma de suas informações pessoais, mantendo o anonimato e a segurança dos alunos. Em seguida, foram realizadas as análises dos resultados obtidos através da aplicação dos questionários.

Buscamos, ainda, além de perceber os impactos desta época estudantil nos adolescentes, entender ao longo do processo possíveis relações entre perguntas e respostas que poderiam haver entre a pesquisa. Desse modo, futuramente, compreendermos a situação como um todo e podermos expandir a pesquisa para debates acerca do que fazer e como fazer com os resultados aparentes ao final.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Acerca dos resultados obtidos através do questionário feito aos alunos, foram realizadas análises e posteriormente desenvolvidos gráficos que mostram os índices de satisfação do estudante com o próprio corpo e a possível ingestão de medicamentos para ganho de peso, além de mostrar qual índice de correspondentes são meninos e meninas.

Após a análise dos gráficos foram feitas discussões na disciplina de matemática para entender quais atitudes tomar, visto que obtivemos tanto resultados preocupantes quanto satisfatórios. A frente podemos perceber tais informações da pesquisa em gráficos para uma melhor visualização e percepção do assunto.

A figura 1 apresenta os dados referentes a pesquisa que diz respeito à questão de gênero, onde obtivemos o resultado de que 55,6% dos correspondentes afirmaram ser do sexo feminino e 44,4% do sexo masculino. Esse resultado é o início do processo de análise dos resultados, tendo grande impacto nos demais resultados, uma vez que a insatisfação e a distorção da imagem afetam principalmente as meninas, visto que os estas sofrem mais cobranças sociais, podendo estas cobranças gerar mudanças no comportamento alimentar, na autoestima, bem como em desempenhos psicológicos, físicos e sociais (CORSEUIL et al., 2009).

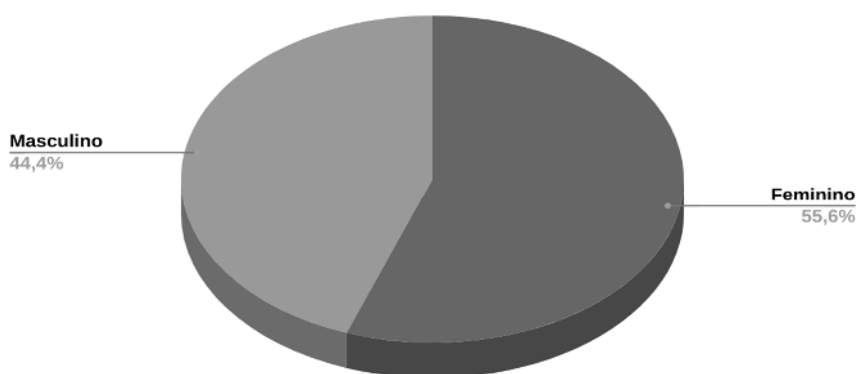


Figura 1. Distribuição dos alunos em relação ao gênero.

Na figura 2, destaca-se o alto índice de alunos que, não se sentem bem com o próprio corpo (59,3%), dado extremamente preocupante, uma vez este pensamento de insatisfação pode trazer grandes malefícios à saúde tanto física quanto psicológica do indivíduo. Portanto, um dado a ser analisado profundamente, para que seja pensado em soluções para que assim, esse índice diminua.

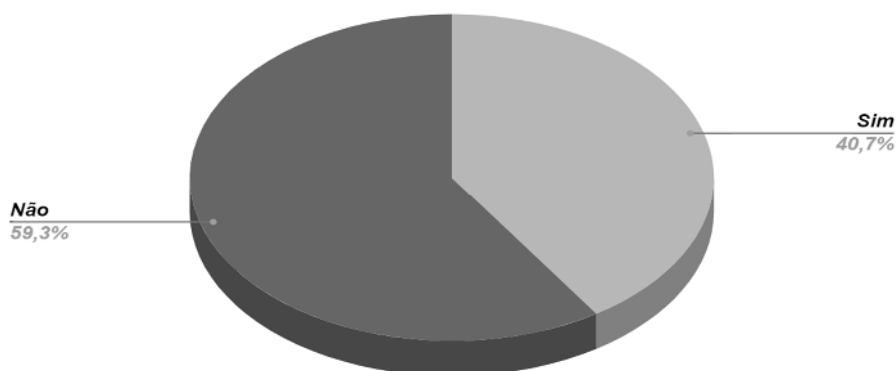


Figura 2. Atualmente, você se sente bem com seu corpo?

Ao analisar a figura 3 nota-se que o mesmo informa dados relativamente bons. Esta figura informa os resultados referentes a pergunta onde o participante é questionado se já ingeriu algo para perder peso, no qual 16,3% afirmaram que já consumiram algo desta natureza, em contraponto, 83,7%, a maioria, afirmou que não. Entretanto, é nítida a necessidade de desenvolver análises que investigam o motivo para jovens desta faixa etária terem ingerido estes produtos, sabendo que isto é maléfico e precisa ser evitado, a todo custo.

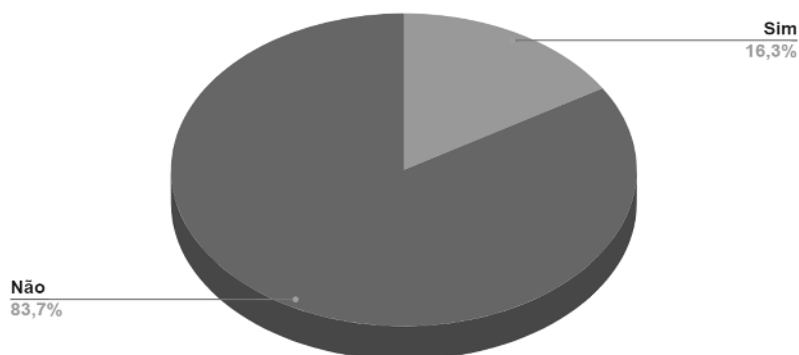


Figura 3. Você já ingeriu algo para perder peso?

Por fim temos os dados da figura 4, no qual mostra o resultado da pergunta de como o jovem se sente em relação ao seu corpo. Nestes dados obtivemos um resultado satisfatório em virtude do alto percentual de indivíduos que responderam estar no seu peso ideal. Entretanto, vale ressaltar que mais da metade dos correspondentes declaram não estar no peso ideal, assim sendo essencial a discussão e análise deste resultado, para esclarecer e entendê-los por completo.

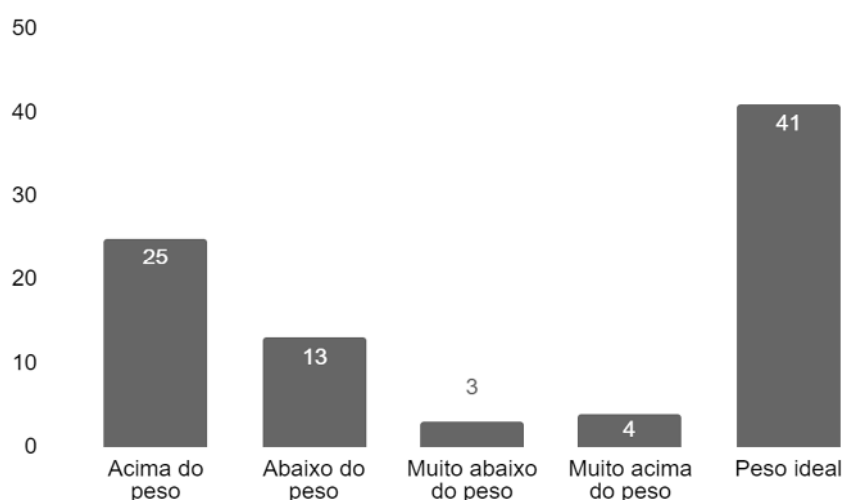


Figura 4. Como você se sente em relação ao seu corpo?

Certamente a figura 1 ao ser analisada deve ser com relação a distribuição de alunos por gênero. Nesta figura podemos notar que o maior índice de correspondentes respondeu ser do gênero feminino. Desse modo, é essencial que levemos em consideração o fator de que jovens do sexo feminino sofrem mais com a auto cobrança em relação a IC para que possamos entender a influência desse índice maior de meninas nos resultados obtidos nas outras perguntas e apresentados nas figuras acima.

Os adolescentes, especialmente as meninas, tendem a apresentar preocupação com o peso corporal por desejarem um corpo magro e pelo receio de rejeição, constituindo um grupo mais vulnerável às influências socioculturais e à mídia (LIRA et al., 2017).

Dessa maneira, se faz muito importante a criação de uma estrutura que acolha e ajude estes jovens dentro da comunidade escolar. Visto que, este é um período primordial em suas vidas, onde as mesmas são impactadas por mudanças em diversos campos sociais, como a modificação do corpo e maior convivência com outras pessoas, além das mudanças vindas

na área emocional, fazendo assim com que se tornem mais suscetíveis a preocupações inoportunas, causando possíveis comparações entre corpos e afetando negativamente a auto satisfação.

A adolescência é caracterizada por transformações biológicas, físicas, psicológicas e sociais. Arelado a esse contexto, pesquisas têm revelado elevava prevalência de insatisfação com a imagem corporal em adolescentes, sendo mais acentuada no sexo feminino (PETROSKI; PELEGRINI; GLANER, 2012).

Com estas informações em mente, é possível vincular os resultados da figura 1 com aqueles coletados e apresentados na figura 2, principalmente ao observar que mais da metade dos correspondentes afirmaram não se sentirem bem com o próprio corpo (59,3%), tendo em vista também que, mais da metade dos correspondentes afirmaram ser do gênero feminino (55,6%), podemos concluir que devido ao fato de que as meninas são mais suscetíveis a pressões sociais, podemos inferir que estas foram a maior parcela a responder que não se sente bem com o próprio corpo.

Visto que a adolescência é uma fase marcada pelas mudanças corporais e que, ao longo do tempo, surgem tendências e estilos específicos na sociedade que acabam criando uma ideia específica a seguir, fazendo com que os jovens busquem estar de acordo com o padrão da comunidade. Ademais, estes casos acarretam um esforço no dia a dia desses jovens, tendo um modelo a seguir, que resultam em problemas psicológicos afetando cada vez mais sua saúde, tanto mental quanto física. Portanto, existe a necessidade de dar maior visibilidade a essas questões, para que estas sejam cada vez mais discutidas e percebidas, a fim de criar medidas para minimizar este problema já na fase da adolescência.

A insatisfação corporal é um distúrbio atitudinal da IC, descrito como a avaliação subjetiva negativa da IC, que pode ser avaliada pela discrepância entre a IC real e a idealizada? Acredita-se que a internalização do padrão do corpo "ideal", ou seja, a incorporação do valor ao ponto de modificar as atitudes e comportamentos pessoais, é um importante mediador da insatisfação corporal (LIRA et al., 2017).

Em seguida, vemos a figura 3, onde como já comentado obtivemos um resultado bom. Entretanto, novamente, é necessário dizer que apesar do índice de correspondentes que afirmaram já ter ingerido algo para perder peso ter sido considerado bom (16,3%), é de suma importância que esta questão seja vista com maior cuidado, devido ao fato de serem jovens demais para já ingerirem tais produtos ou fazerem dietas por conta própria.

É visto atualmente, que nesta idade se faz presente um vislumbre pelo padrão de beleza criado na sociedade contemporânea, o que diversas vezes tem efeitos maléficos e

incalculáveis. Por isso, é necessário o cuidado e verificação para que estes não façam esse consumo precoce, afinal, não há nenhum conhecimento sobre esses produtos por parte deles, que muitas fazem esse consumo sem nenhuma prescrição médica.

Com o objetivo de alcançar uma efetiva satisfação com a imagem corporal, correspondente aos ideais estéticos da “cultura”, é cada vez mais evidente que as pessoas estão recorrendo a dietas, ao exercício físico exagerado, ao uso de diuréticos, laxantes, entre outros recursos. Consequentemente, surgem transtornos alimentares, como a anorexia e a bulimia nervosa (PETROSKI; PELEGRINI; GLANER, 2012).

Observando os resultados da figura 4, se pode ressaltar novamente que tanto tivemos resultados mais e menos satisfatórios. Destacando que o mesmo nos mostra que 41 pessoas optaram por responder que se sentem em seu peso ideal, porém, o resultado menos satisfatório sendo de que 45 alunos, mais da metade, que não então. Estes informaram através da pesquisa diferentes respostas onde se fazem necessários debates mais profundos para ajudar esses jovens a se entenderem e compreenderem o porquê da insatisfação corporal. Mas se sabe que, por muitas vezes, o jovem está em seu peso ideal, mas não está satisfeito com sua imagem, e este ponto que precisa ser considerado, como mostrado na figura de satisfação onde a maioria, com 59,3%, afirmou não estar satisfeito com seu corpo, pois não necessariamente basta estar em seu peso ideal para se sentir contente consigo e o contrário também pode ocorrer, onde o mesmo não está em seu peso ideal, mas se sente bem com o próprio corpo. Tal insatisfação é vista até mesmo em adolescentes normoponderais como pode ser observado na pesquisa.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Levando-se em conta o que foi observado nos resultados e as análises feitas ao decorrer da pesquisa, na qual tivemos resultados com certo índice de insatisfação com a IC. Apesar da investigar conter resultados consideravelmente bons, como na questão onde os correspondentes foram contestados se já haviam ingerido algo para perda de peso, em que 16,3% responderam que sim, ainda é preciso tomar consciência de que em questões como essa, todo e qualquer resultado ruim deve ser tratado, jovens nesta faixa etária não deveriam em hipótese alguma ingerir medicamentos dessa classe. Dessa forma, logo após terminarmos de analisar todos os resultados, conversamos com a equipe diretiva da escola e lhes demos a sugestão de procurar psicólogos que fizessem plantões semanais na

instituição. Visando promover rodas de conversa, além de um espaço para que o estudante pudesse ir quando não se sentisse bem. Na tentativa que este jovem entenda seus problemas e consiga os resolver, para dessa forma evitar que certos comportamentos derivados da insatisfação com seu corpo possam o afetar física e psicologicamente no futuro.

5. REFERÊNCIAS

CORSEUIL, M.W.; PELEGRINI, A.; BECK, C.; PETROSKI, E.L. Prevalência de insatisfação com a imagem corporal e sua associação com a inadequação nutricional em adolescentes. **Revista da Educação Física**, n.1, v.20, p.25-31, 2009.

LIRA, A.G. et al. Uso de redes sociais, influência da mídia e insatisfação com a imagem corporal de adolescentes brasileiras. **Jornal Brasileiro de Psiquiatria**, v.66, p.164-171, 2017.

MINAYO, M.C.S. **O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde**. 14ª edição. São Paulo: Hucitec Editora, 2014. 407 p.

NOGUEIRA-DE-ALMEIDA, C.A. et al. Distorção da autopercepção de imagem corporal em adolescentes. **International Journal of Nutrology**, v.11, n.02, p.061-065, 2018.

PETROSKI, E.L.; PELEGRINI, A; GLANER, M.F. Motivos e prevalência de insatisfação com a imagem corporal em adolescentes. **Ciência & Saúde Coletiva**, v.17, p.1071-1077, 2012.

DIFICULDADES DE UTILIZAÇÃO DAS TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO POR DOCENTES DE UMA ESCOLA ESTADUAL NO MUNICÍPIO DE MANAUS - AMAZONAS

Daniel da Silva Rabelo^{1,2} e Lauro Henrique da Silva Cardoso²

1. Secretaria de Educação e Qualidade do Ensino do Amazonas (SEDUC/AM), Manaus, Amazonas, Brasil;

2. Universidad San Lorenzo (UNISAL), Facultad de Estudios de Postgrado, Curso de Maestría em Ciências de La Educación, San Lorenzo, Paraguay.

RESUMO

As tecnologias de informação e comunicação estão cada vez mais presentes no nosso dia a dia. Na área da educação, os alunos em sua grande maioria são de uma geração denominada “nativos digitais”, ou seja, cresceram familiarizadas com a tecnologia. Em contrapartida, percebe-se que há uma grande dificuldade por parte dos professores em implementar a utilização das tecnologias em suas aulas. O objetivo geral do trabalho procurou investigar a utilização das tecnologias da informação e comunicação como metodologia facilitadora da aprendizagem educacional. Trata-se de uma pesquisa de campo, de corte transversal, do tipo descritiva. A pesquisa foi composta por uma amostra de 30 professores e 20 discentes da rede pública de ensino, lotados na Escola Estadual Professora Karla Patrícia Barros de Azevedo no município Manaus – Amazonas. A coleta de dados foi realizada por questionário com perguntas fechadas aplicado aos docentes e aos discentes, através do formulário Google Forms, enviados via aplicativo de mensagens WhatsApp. Para análise estatística utilizou-se programa da Microsoft, Excel 2016, e os resultados foram expressos com técnica estatística descritiva representada através de gráficos. Verificou-se que os professores utilizam as TIC em suas aulas, porém com baixa frequência. A dificuldade de manuseio dos equipamentos foi a principal causa da não utilização. Já os alunos preferem que as aulas sejam divididas entre aulas com a utilização das TIC e aulas sem a utilização.

Palavras-chave: Tecnologias da Informação e Comunicação, Aprendizagem Escolar e Ferramentas Educacionais.

ABSTRACT

There is an increase of information and communication technology in our daily life. When it comes to education, most of the students were born in a generation called “digital natives”, in other words, they had become acquainted with technology. Conversely, from the perspective of teachers, there are some difficulties introducing technology in their classes. Thus said, this work aims to ascertain the different adversities found by the teachers referring

to the uses of ICT in their classes. The general purpose of this work consisted in investigating the uses of information and communication technology as an enablement method in terms of teaching-learning. This is a cross-sectional study, once the variables were studied and collected in a single period of time. We asked for a sample of 30 teachers and 20 students. As for the method employed, we used data collection with a closed survey applied to the teachers, and, another one, for the students – with the analysis and interpretation of the collected data built on a consistent theoretical grounding that was raised before its collection. The results were expressed with a descriptive statistical technique represented by graphs. It was found that teachers use ICT in their classes, but with low frequency. The difficulty in handling the equipment was the main reason for non-use. The students prefer that the classes be divided between classes with the use of ICT and classes without the use.

Keywords: Information and Communication Technology, Teaching-Learning and Educational Tools.

1. INTRODUÇÃO

As tecnologias da informação e comunicação (TIC) podem ser definidas como um conjunto de recursos tecnológicos, tais como, softwares, hardwares, telecomunicações, aplicados na indústria (no processo de automação), na educação (como a educação à distância), pesquisa científica e nas mídias de propaganda, utilizados para gerar informações através da comunicação entre equipamentos (ALMEIDA, 2017).

Com o acelerado desenvolvimento tecnológico ocorrido nos últimos anos, as TIC tornaram-se a cada dia um instrumento auxiliar a praticamente todos os campos das atividades humanas.

A TIC vem provocando uma grande mudança na forma de viver e se relacionar na sociedade, e isso inclui novos desafios para a escola, na medida em que a escola necessita “apresentar-se viabilizar-se como espaço crítico em relação ao uso e apropriação das TIC” (KENSKI, 2012).

A incorporação das TIC pela escola permite aumentar o acesso a informações atualizadas e promove a criação de redes colaborativas de aprendizagem, privilegiando: a construção do conhecimento; a comunicação; a formação continuada; e a gestão articulada (ALMEIDA; RUBIM, 2004).

O modo de estruturar a educação escolar e o desenvolvimento do trabalho docente vêm sendo afetados pela globalização. A revolução científico-tecnológica, também implicada pela globalização, mostra seus reflexos nas salas de aula. De acordo com gestores e professores, os desafios que se apresentam à escola precisam ser enfrentados com a utilização das TIC, pois acreditam na sua capacidade de desencadear mudanças no

processo de ensino-aprendizagem e na diminuição da lacuna entre práticas escolares e práticas sociais de professores e alunos (BARRETO, 2002).

As evoluções tecnológicas tornaram mais visíveis outras possibilidades de desenvolvimento de atividades de ensino e aprendizagem, o que favoreceu enormemente a criação de novas metodologias (MUGNOL, 2009).

A utilização da tecnologia nas escolas requer o envolvimento e o compromisso de todos os profissionais envolvidos no processo educacional, no sentido de repensar o processo de informações para transmitir conhecimentos e aprendizagem para a sociedade (SOUZA, 2007).

Contudo, Torres (2015) assegura que ao pensar no uso das TIC como meio para o aprendizado, deve-se ter em mente que não adiantará ter um bom aporte tecnológico se não houver, conjuntamente, organização e planejamento para o uso dele. Além disso, é preciso que os professores saibam manusear os equipamentos e destinem suas ações para atingir os objetivos a que se propuseram.

Em uma pesquisa realizada por Winter; Caus; Cândido (2019), a respeito do uso da tecnologia na educação, em uma escola de ensino fundamental, constatou em seus resultados, alguns fatores que dificultam o uso constante da tecnologia na escola abordada, dentre elas: a) a falta de conhecimento no uso da tecnologia; b) infraestrutura precária da escola; c) muitos docentes dividem a carga horária em mais de uma escola, resultando na falta de tempo do professor para a preparação de uma aula imersa no uso da TIC.

O uso criativo das tecnologias é capaz de auxiliar professores na tarefa de transformar o isolamento, a indiferença e a alienação costumeira dos alunos em sala de aula, em interesse e colaboração, por meio dos quais eles aprendam a aprender, respeitar, aceitar e se tornarem pessoas melhores e participativas (KENSKI, 2012).

Em suma, a educação tecnológica está baseada na concepção de uma educação transformadora, progressista, que vai além de uma proposta de ensino na escola para aprofundar-se junto com o projeto político pedagógico da escola que, por certo, atualmente deve integrar as diferentes categorias do saber, fazer ou do saber-fazer para uma grande categoria do saber-ser (GRINSPUN, 2009).

Em um mundo globalizado, o acesso à tecnologia requer uma atitude crítica e inovadora, possibilitando um relacionamento com toda a sociedade. O desafio consiste em criar e permitir uma ação docente nova, onde professores e alunos aprendam conjuntamente de forma criativa, dinâmica e encorajadora, tendo o diálogo e a descoberta como essência (BEHRENS, 2000).

A pesquisa teve como cerne inicial analisar as dificuldades apresentadas pelos professores no que consiste a utilização e aplicação das TIC como ferramenta educacional. Pretende-se com isso, conhecer as dificuldades enfrentadas pelos professores, bem como os desafios para implementar a utilização das tecnologias da informação e comunicação nas aulas.

Desta forma o objetivo geral da pesquisa foi investigar a utilização das Tecnologias da Informação e Comunicação como metodologia facilitadora da aprendizagem educacional. E Como objetivos específicos, verificar se os docentes da Escola Estadual Professora Karla Patrícia Barros de Azevedo faziam uso das TIC ao ministrarem suas aulas, conhecer as principais complexidades apresentadas pelos professores para a não utilização de TIC como ferramenta educacional e pesquisar o desenvolvimento da aprendizagem discente a partir da aplicação de TIC.

2. MÉTODOS

Trata-se de uma pesquisa de campo, de corte transversal, do tipo descritivo. A população da pesquisa foi composta por 30 professores da rede pública de ensino, lotados na Escola Estadual Professora Karla Patrícia Barros de Azevedo, no município de Manaus - Amazonas, e de 20 discentes matriculados e efetivamente cursando as aulas na referida escola.

O processo de seleção da amostra ocorreu por amostragem não probabilística por conveniência.

A amostra pesquisada somou 30 professores, sendo 9 do sexo masculino e 21 do sexo feminino, das disciplinas de Língua Portuguesa, Matemática, Geografia, História, Química, Física, Biologia, Educação Física e Língua Inglesa, do turno matutino e vespertino. Referente aos discentes, em um universo de 1322 alunos, 20 alunos de ambos os sexos foram sorteados de forma aleatória simples, sendo considerado para este sorteio alunos do ensino fundamental II, do turno vespertino.

O sorteio ficou restrito ao turno vespertino pois nesse turno é oferecido o ensino fundamental II. No turno matutino a escola oferece o ensino fundamental I, e devido a faixa etária dos alunos, não teriam condições de responder ao questionário.

A coleta de dados foi realizada através de dois questionários de autoria própria, contendo perguntas de múltipla escolha, com perguntas fechadas e objetivas, um destinado aos docentes e outro destinado aos discentes, através do formulário Google Forms, enviados via aplicativo de mensagens WhatsApp.

Para pesquisar a utilização das TIC enquanto ferramenta educacional e as dificuldades que alguns docentes apresentavam para não as utilizar, foi aplicado um questionário contendo cinco perguntas fechadas, objetivas, de múltipla escolha direcionado aos professores, objeto central da pesquisa. As perguntas discorreram sobre quais tecnologias eles costumavam utilizar, com que frequência utilizavam, se houve algum tipo de formação para uso das TIC e quais os obstáculos eles encontravam para a não utilização dessa ferramenta em suas aulas.

O segundo questionário, serviu para verificar o desenvolvimento da aprendizagem dos alunos a partir da utilização das TIC em sala de aula. Continha quatro perguntas fechadas, também podendo marcar mais de uma alternativa em determinadas questões específicas. As perguntas abordaram como os alunos percebem o desenvolvimento de sua aprendizagem quando os professores utilizam recursos tecnológicos ao ministrar suas aulas.

A coleta de dados foi realizada no período de março a novembro de 2020.

Para análise estatística utilizou-se programa da Microsoft Excel 2016. Os resultados foram expressos através de estatística descritiva representada através de gráficos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como resultado, procurou-se enfatizar as principais dificuldades de utilização das TIC por docentes da Escola Estadual Professora Karla Patrícia Barros de Azevedo no Município de Manaus-Amazonas, bem como a percepção que os alunos possuem quanto a utilização das TIC pelos professores.

A contextualização referente aos resultados obtidos com o instrumento utilizado para a coleta de dados, aparece de forma objetiva, conforme apresentação dos gráficos.

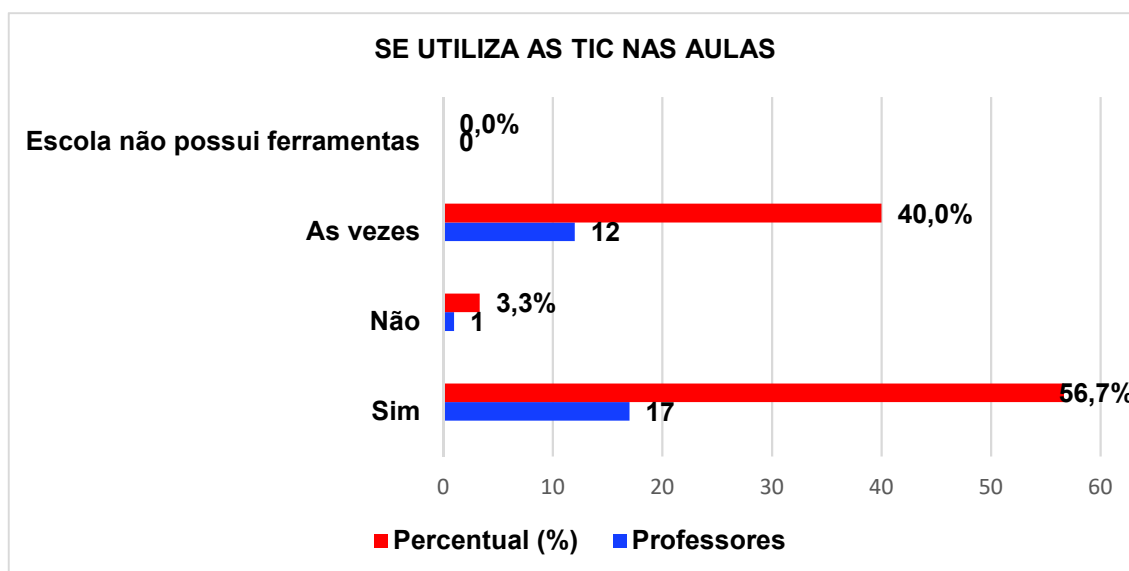


Figura 1. Se utiliza as TIC nas aulas.

Conforme pode-se observar na figura 1, dentre os 30 professores que responderam ao questionário, 17 deles (56,7%) responderam que sim, utilizam as TIC nas suas aulas, outros 12 (40%) disseram que utilizam as vezes, e apenas 1 (3,3%), respondeu que não utiliza as TIC nas suas aulas. Essa grande adesão a utilização das TIC pelos professores na escola pesquisada vai ao encontro do pensamento de Kenski (2012), onde o autor diz que as TIC estão provocando uma mudança radical na forma de se relacionar na sociedade atual e que a escola necessita viabilizar-se como um espaço crítico em relação ao seu uso e apropriação.

A utilização das TIC pelos professores na escola é também um reflexo do quanto as tecnologias estão presentes hoje no cotidiano das pessoas, desde as tarefas mais simples até mesmo nas tarefas mais complexas. Assim, a utilização de equipamentos tecnológicos não se limita a apenas um lugar pré-determinado. A utilização desses equipamentos está se tornando algo cada vez mais natural no dia a dia das pessoas (devido a sua portabilidade cada vez maior), que se torna difícil deixar de utilizá-los em algum momento.

A partir da figura 2, a quantidade de professores que responderam as perguntas passou de 30 para 29, pois um professor respondeu que não utiliza as TIC em suas aulas, impossibilitando-o, assim, de responder as perguntas seguintes do questionário.

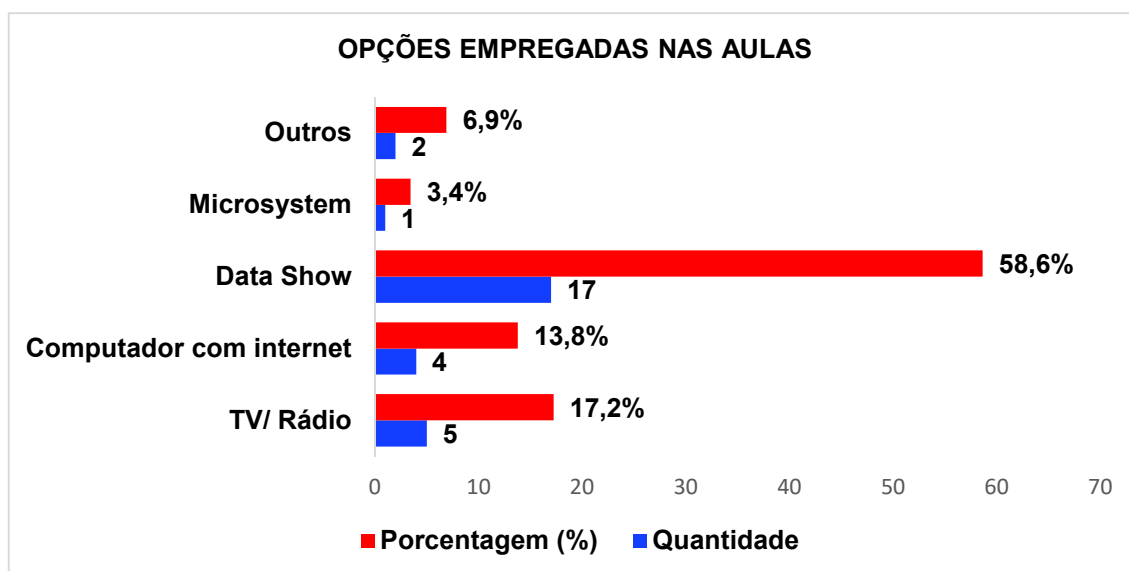


Figura 2. Opções empregadas nas aulas.

Sobre as opções de recursos tecnológicos empregados nas aulas, a figura 2 nos mostra que o Data Show (58,6%) é o recurso mais utilizado pelos professores, em seguida vem a TV/rádio (17,2%) e o terceiro mais utilizado é o computador com acesso à internet (13,8%). O menos votado foi o microsystem (3,4%) e a opção “outros” teve 6,9%. A escola pesquisada possui bastantes opções de equipamentos a disposição dos professores, contribuindo, inclusive, para que seja grande a quantidade de professores que utilizam as TIC, conforme mostrado na figura 1.

Para Papert (2008), as TIC, desde a televisão até os computadores e todas as suas combinações, abrem oportunidades sem precedentes para a melhoria da ação pedagógica, melhorando a qualidade do ambiente de aprendizagem, contribuindo para que professores e alunos possam desenvolver as atividades de maneira mais produtiva. Mas para que as atividades sejam produtivas, é preciso que todas essas ferramentas sejam utilizadas de maneira adequada, tanto pelos alunos quanto pelos professores.

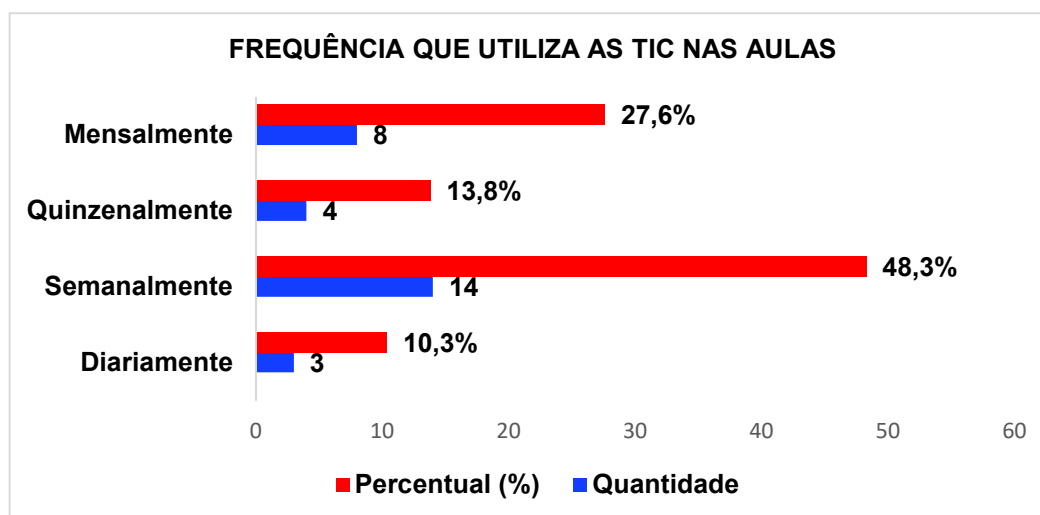


Figura 3. Frequência que utiliza as TIC nas aulas.

A figura 3 mostra com que frequência os professores utilizam as TIC nas suas aulas. Constatou-se que poucos professores (10,3%) utilizam diariamente. A grande maioria (48,3%) respondeu que utilizam semanalmente, ou seja, ao menos uma vez na semana. Aqueles que utilizam quinzenalmente representam 13,8% do total e os que responderam mensalmente somam 27,6%.

Considerando a frequência de utilização das TIC nas aulas, nota-se que a maioria dos professores que as utilizam ainda o fazem de maneira muito esporádica. Poucos são os que se sentem confortáveis em utilizá-las diariamente.

Para Kenski (2012), “estar confortável significa conhecê-los, dominar os principais procedimentos técnicos para sua utilização, avaliá-los criticamente e criar novas possibilidades pedagógicas, partindo da integração desses meios com o processo de ensino”. Além de se sentir confortável, o professor precisa, também, ter confiança no seu trabalho e acreditar que utilizar bem os equipamentos tecnológicos nas suas aulas trará benefícios de aprendizagem para os alunos, além de ser um otimizador do seu próprio trabalho.

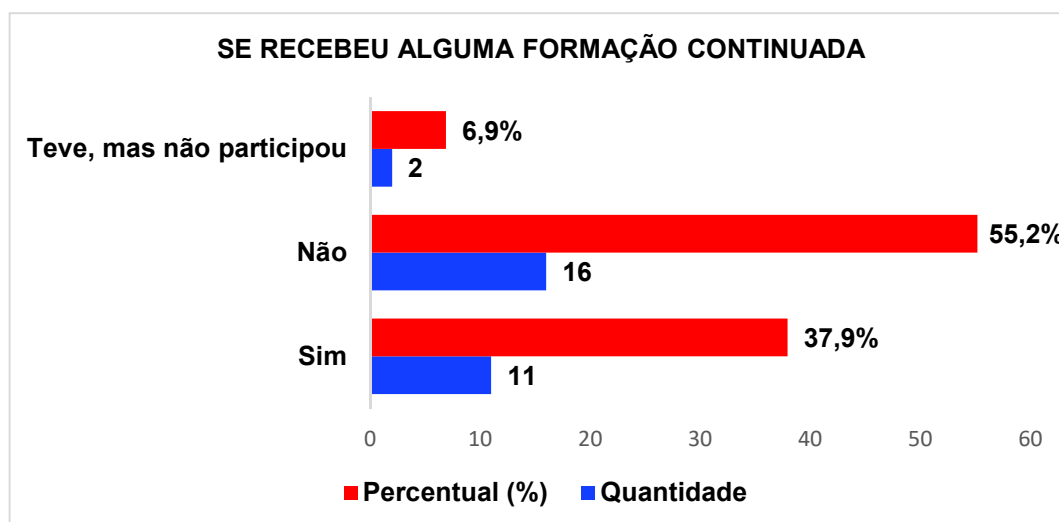


Figura 4. Se recebeu formação continuada.

Em seguida na figura 4, sobre se os professores receberam algum tipo de formação continuada sobre as TIC, tem-se que 37,9% tiveram alguma formação, 55,2% não tiveram formação e 6,9% tiveram, mas não participaram. Para Barros (2007), a preparação dos professores é ponto decisivo no que tange à propriedade do ensino, pois os educandos estão quase sempre prontos para a utilização das tecnologias, enquanto a maioria dos professores não. Os professores precisam estar sempre antenados as mudanças tecnológicas, pois certamente os alunos serão os primeiros a se adaptarem as mudanças ocasionadas por novas tecnologias.

De acordo com a figura, 55,2% dos professores responderam que não receberam nenhum tipo de formação continuada referente as TIC, ou seja, professores que deixaram de buscar aperfeiçoamento sobre um determinado tema que está cada vez mais presente, com tendência de alta na utilização, dentro da escola. Existe uma grande deficiência por parte da Secretaria de Educação em não oferecer tais cursos de formação com maior frequência para os professores da rede pública. Porém o professor precisa sempre buscar se aperfeiçoar, assumindo a responsabilidade por sua formação e sua atualização de conhecimentos como um processo contínuo e permanente, sem a necessidade de sempre esperar pelo Estado.

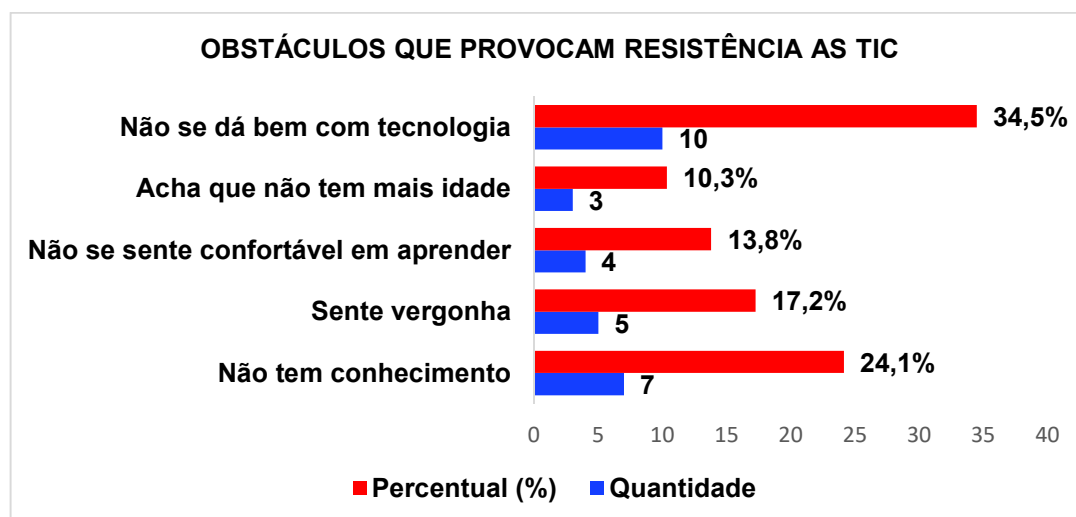


Figura 5. Obstáculos que provocam resistência as TIC.

Quando se trata dos obstáculos que provocam resistência na utilização das TIC pelos professores, a figura 5 revela que 34,5% dos professores não se dão bem com tecnologia; 10,3% acham que não tem mais idade para utilizar; 13,8% não se sente confortável em aprender; 17,2% sentem vergonha de utilizar; e 24,1% não tem conhecimento de como utilizar. Isso causa uma certa preocupação, pois temos um resultado onde há poucas perspectivas de mudança no aumento da utilização das TIC pelos professores.

De acordo com Imbérnom (2010), muitos fatores precisam mudar para que as TIC causem uma transformação no processo de ensino e aprendizagem, e muitos desses fatores cabem principalmente aos professores, pois precisarão redesenhar seu papel e sua responsabilidade na escola. Uma de suas responsabilidades certamente será a de se familiarizar e aprender a utilizar as TIC de maneira que possam ser implementadas em sala de aula.

A figura 6 mostra a opinião dos alunos sobre o que acham quando os professores utilizam as TIC durante a aula. Para os alunos entrevistados, 40% acham que as aulas são mais interessantes e para outros 25% as aulas são mais agradáveis. Segundo Tezani (2011), a utilização de TIC na educação escolar proporciona ao aluno o desenvolvimento de habilidades e competências pessoais que ampliarão suas possibilidades de inserção na sociedade da informação e do conhecimento.

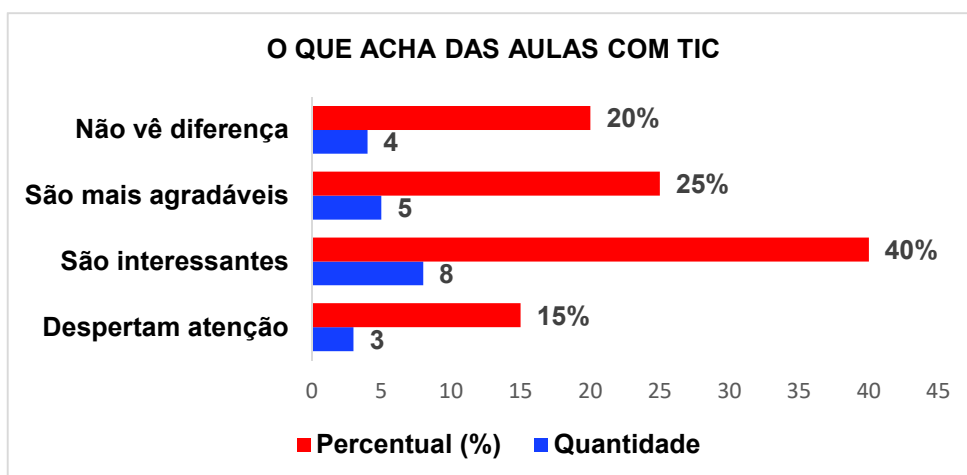


Figura 6. O que acha das aulas com TIC.

Atualmente os alunos são de uma geração que são denominados “nativos digitais”, ou seja, já nasceram em uma época em que as TIC se encontram amplamente difundidas na sociedade. Por conta disso, é natural que as aulas que contam com a utilização de algum recurso tecnológico se tornem mais interessantes para a maioria dos alunos.

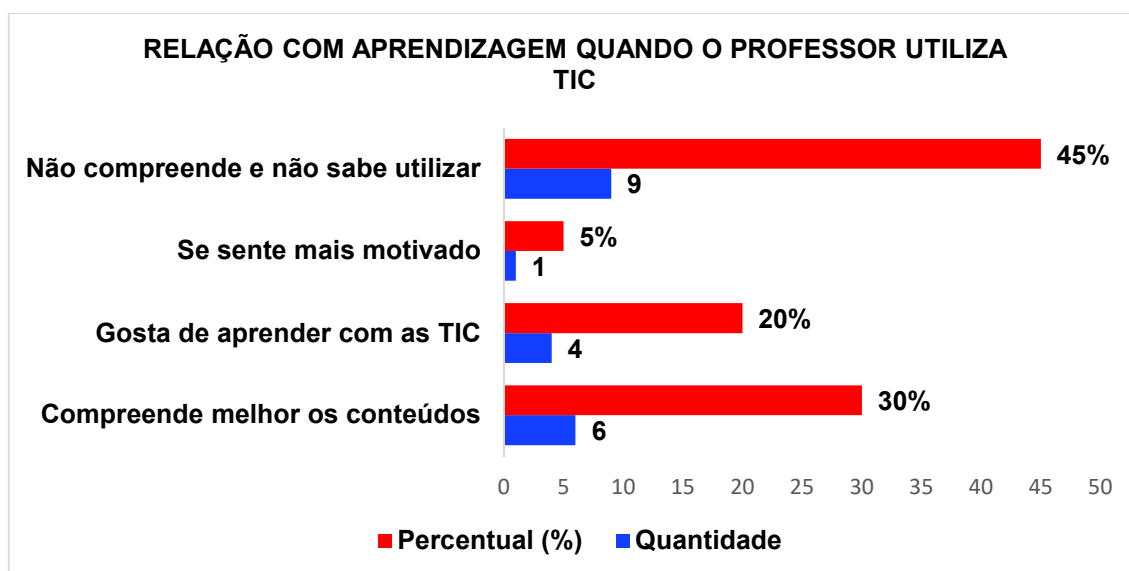


Figura 7. Relação com aprendizagem quando o professor utiliza as TIC.

Em relação a aprendizagem quando o professor utiliza as TIC, pode-se ver na figura 7 que 30% dos alunos responderam que compreendem melhor os conteúdos ministrados; 20% gostam de aprender com as TIC; 5% se sentem mais motivados, e 45% não compreendem

e não sabe utilizar. Apesar do elevado número de alunos que não compreendem e não sabem utilizar as TIC, a maioria dos alunos tende a aprender melhor quando elas são utilizadas.

De acordo com Moran (2001), as tecnologias ajudam, mas, para educar é preciso aprender a gerenciar um conjunto de informações para torná-las algo significativo. O professor deve ter a capacidade de identificar o melhor momento para a aplicação de determinada metodologia, ora com a utilização de tecnologias, ora sem a utilização de tecnologias. Dessa forma, o professor consegue atender tanto aqueles que tem facilidade com as TIC quanto aqueles que não tem facilidade.

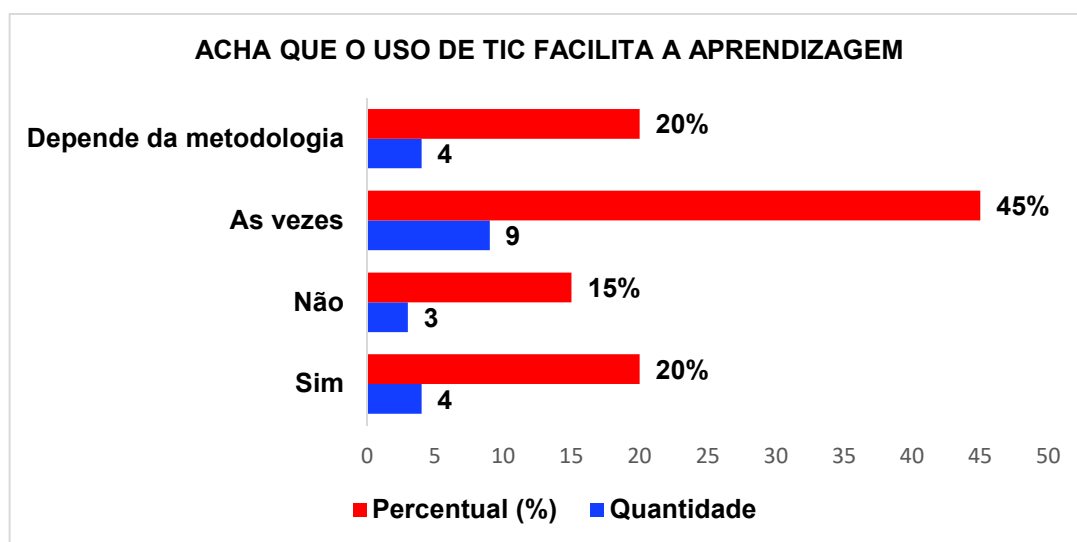


Figura 8. Acha que o uso de TIC facilita a aprendizagem.

Quando os alunos foram perguntados se acham que o uso de TIC facilita a aprendizagem, 45% responderam que as vezes facilita. O fato de o professor fazer uso de TIC nas aulas nem sempre vai significar uma maior atratividade da aula, ou que o aluno vá apresentar um maior aprendizado. É preciso que a utilização de tais recursos seja feito de forma produtiva, aproveitando todos as funcionalidades ofertadas pelo equipamento.

Nesse sentido, Colello (1995) reforça que independente da qualidade do material adotado pelo professor, é preciso considerar o uso que se faz dele. Da mesma forma que um bom livro pode ser mal aproveitado, o mesmo pode vir a acontecer com os equipamentos tecnológicos quando não são utilizados de maneira apropriada.

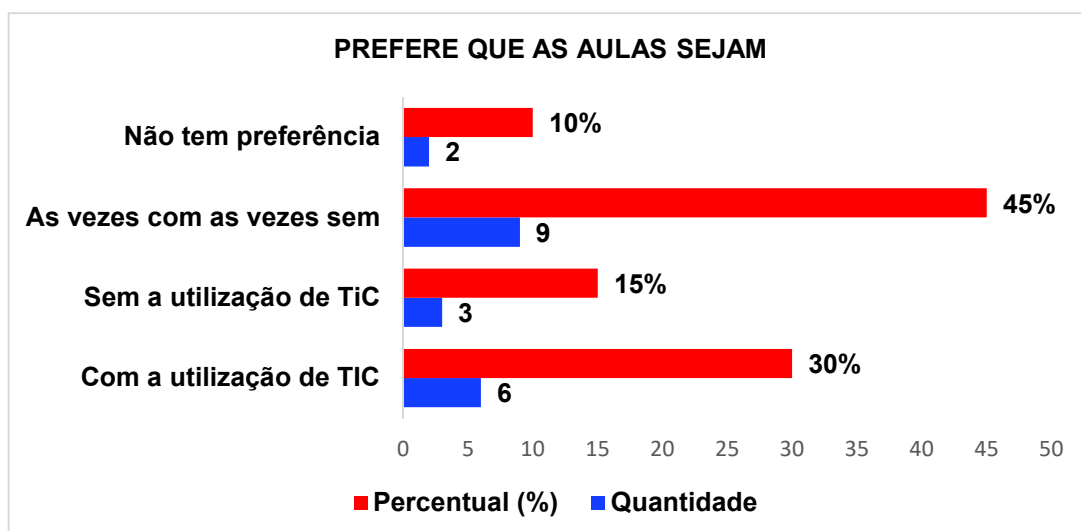


Figura 9. Prefere que as aulas sejam.

Por fim, na figura 9 temos que 30% dos alunos preferem que as aulas sejam com a utilização de TIC; para 15% dos alunos as aulas são melhores sem a utilização de TIC; 45% acham que o professor deve alternar aulas com e sem a utilização de TIC; e 10% não tem preferência por nenhum nem outro. O grande quantitativo de alunos que preferem que as metodologias sejam alternadas, pode ser explicado pela inquietação dos jovens em se manterem “presos” somente a um modelo específico de aula.

Isso nos leva a perceber que o professor precisa sempre estar pensando em alternativas de como tornar o ensino mais dinâmico e assim alcançar um maior número de alunos. O professor que diversifica sua metodologia, desperta no aluno a expectativa de como será a próxima aula, aumentando o seu interesse na escola, e consequentemente, melhorando o seu aprendizado.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização das TIC pelos professores nas aulas mostrou-se bastante reduzida. A grande maioria faz uso de maneira esporádica (semanalmente ou quinzenalmente), tornando a familiaridade com os recursos tecnológicos algo cada vez mais distante. Uma mudança na metodologia dos professores com a inclusão de mais aulas com o apoio das TIC's, trariam resultados positivos na aprendizagem dos estudantes.

A inserção de uma ferramenta tecnológica nas atividades escolares requer um conhecimento prévio por parte do professor. Porém a pesquisa demonstrou que uma das principais dificuldades encontradas pelos professores é a falta de conhecimento sobre tecnologias. Um dos motivos para o não conhecimento sobre tecnologias é o não oferecimento de formação aos professores pela SEDUC sobre como implementar a utilização de tecnologias nas aulas.

Quando o professor utiliza algum tipo de tecnologia o interesse dos alunos naquele conteúdo aumenta, resultando em um maior aprendizado do conteúdo. Os alunos não querem que todas as aulas sejam com recursos tecnológicos, pois as aulas sem tecnologia também podem ser interessantes e trazem aprendizado. Porém, eles desejam que haja um equilíbrio entre a quantidade de aulas com e aulas sem o uso de recursos tecnológicos, pois, dessa forma, com diferentes metodologias, aprende-se mais.

A pergunta da investigação procurou saber se a utilização de TIC pode promover melhorias no processo de ensino e aprendizagem. A questão foi respondida pela hipótese, que se mostrou verdadeira, ao mensurar que as TIC quando bem empregadas na metodologia do professor, despertam a atenção, a curiosidade e o interesse do aluno na aula.

Conclui-se, então, que se faz necessário a utilização das TIC como estratégia metodológica colaborativa, e não substitutiva das metodologias tradicionais existentes. Para propiciar um ambiente favorável de ensino, é importante que os professores saibam utilizar cada um dos recursos disponíveis, acrescentando quaisquer tipos de recurso tecnológico que propicie e facilita o desenvolvimento educacional discentes.

5. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A. **Uso de tablets como recurso tecnológico na educação profissional: uma proposta para elevar a usabilidade destes dispositivos.** (Dissertação) Mestrado em Ciência da Computação – UFPE. Recife, Pernambuco, 2017.

ALMEIDA, M.; RUBIM, L. **O papel do gestor escolar na incorporação das TIC na escola: experiências em construção e redes colaborativas de aprendizagem.** São Paulo, 2004.

BARRETO, R. **Tecnologias nas salas de aula.** In: LEITE, M.; FILÉ, W. (Org.). Subjetividades, tecnologias e escolas. Rio de Janeiro, 2002.

BARROS, D. Formação continuada para docentes do Ensino Superior: O virtual como espaço educativo. Curitiba. **Revista Diálogo Educacional**, 2007.

BEHERENS, M. **"Projetos de aprendizagem colaborativa num paradigma emergente"**, In: MORAN, José. Novas tecnologias e mediação pedagógica. Campinas. Ed. Papirus, 2000.

COLELLO, S. **Alfabetização em questão**. Ed. Paz e Terra, 1995.

GRINSPUN, M. **Educação tecnológica: desafios e perspectivas**. 3ª. São Paulo: Ed. Cortez, 2009.

IMBERNÓN, F. **Formação docente e profissional: formar-se para a mudança e a incerteza**. 7ª ed, Ed. Cortez, 2010.

KENSKI, V. **Educação e tecnologias: o novo ritmo da informação**. 8ª ed, Ed. Papirus, 2012.

MORAN, J.M. **Novos desafios na educação - A internet na educação presencial e virtual**. Disponível em: <<http://www.eca.usp.br/moran/novos.htm>>. Acessado em: 17 de janeiro de 2019.

MUGNOL, M. **A Educação a distância no Brasil: Conceitos e Fundamentos**. Disponível em: <<http://www2.pucpr.br/reol/index.php/DIALOGO?dd1=2738&dd99=pdf>>. Acessado em: 15 de janeiro de 2019.

PAPERT, S. **A máquina das crianças: repensando a escola na era da informática**. Ed. Artmed, 2008.

SOUZA, M. **Novas tecnologias: novos rumos para a educação**. Disponível em: <<http://www.artigos.com/artigos/exatas/computacao/novas-tecnologias-2531/artigo/>>. Acessado em: 05 de março de 2020.

TEZANI, T. **A educação escolar no contexto das tecnologias da informação e da comunicação: desafios e possibilidades para a prática pedagógica curricular**. Disponível em: <<http://www2.faac.unesp.br/revistafaac/index.php/revista/article/view/11/5>>. Acessado em: 06 de março de 2020.

TORRES, A. **Tecnologias da informação e comunicação na formação e atuação do professor de educação física**. (Dissertação) – UEC, Fortaleza, 2015.

WINTER, A.; CAUS, J.; CÂNDIDO, R. **O uso das tecnologias da informação e comunicação (TIC) no ensino fundamental e as dificuldades de implementação nas práticas docentes**. Disponível em: <<https://repositorio.ifsc.edu.br/handle/123456789/1862>>, Acessado em: 14 de novembro de 2021.

RESPOSTAS ANATÔMICAS E MORFOLOGICAS DE PLANTAS NATIVAS DA AMAZONIA EXPOSTAS A METAIS PESADOS

Dayane dos Santos Costa¹, Leticia Roberta Melo Monteiro¹, Lilian Tatiana Costa Barros¹, Evelyn Luane Pinheiro de Figueiredo¹, Luma Castro de Souza², Ana Ecídia de Araújo Brito³, Raphael Leone da Cruz Ferreira⁴, Joze Melisa Nunes de Freitas¹, Cândido Ferreira de Oliveira Neto¹ e Ricardo Shigueru Okumura⁵

1. Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), Instituto de Ciências Agrárias, Belém, Pará, Brasil;
2. Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Centro de Ciências Agrárias e Ambientais (CCAA), Chapadinha, Maranhão, Brasil;
3. Fundação Amazônia de Amparo a Estudos e Pesquisas (FAPESPA), Instituto de Ciências Agrárias, Belém, Pará, Brasil;
4. Instituto Federal do Amapá (IFAP), Professor, Porto Grande, Amapá, Brasil;
5. Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), Campus Parauapebas, Parauapebas, Pará, Brasil.

RESUMO

Estudos relacionados com a anatomia e a morfologia de plantas nativas da Amazônia, submetidas ao estresse causado por metais pesados são fundamentais para a compreensão do metabolismo das plantas, visando sugerir estratégias que possam mitigar os efeitos negativos desses metais. Nas plantas, os metais pesados estimulam respostas fisiológicas e modificações estruturais e ultraestruturais, tais como, danos aos lipídios, proteínas, pigmentos e ácidos nucleicos da membrana manifestando sintomas visuais, como crescimento prejudicado, produtividade e alterações morfológicas. Estudos voltados para compreender a resposta anatômica e morfológica das plantas são incipientes e entender o comportamento das plantas em resposta a aplicação de metais pesados é essencial para traçar estratégias eficientes para amenizar o efeito tóxico dos metais. Nesse contexto, o capítulo tem como objetivo avaliar as respostas anatômicas e morfológicas de plantas nativas da Amazônia expostas a metais pesados. Sabe-se que os metais pesados afetam negativamente as plantas causando modificações tanto em nível fisiológico, como morfológico e anatômico. Assim, se faz necessário estudos para que se possa compreender melhor a atuação dos metais na anatomia das plantas em geral. Em contrapartida, há efeitos positivos em pequenas quantidades, como estimular o crescimento e desenvolvimento das plantas. Nesse sentido, pesquisas voltadas a compreender as respostas anatômicas, morfológicas e fisiológicas, afim de adquirir informações que possam comprovar o potencial e efeitos dos metais em plantas, afim de traçar estratégias que possam mitigar efeitos deletérios no vegetal.

Palavra-chave: Alterações Anatômicas, Alterações Morfológicas e Metal.

ABSTRACT

Studies related to the anatomy and morphology of plants native to the Amazon, subjected to the stress caused by heavy metals, are essential for understanding the metabolism of plants, aiming to suggest strategies that can mitigate the negative effects of these metals. In plants, heavy metals stimulate physiological responses and structural and ultrastructural changes, such as damage to lipids, proteins, pigments and nucleic acids of the membrane, manifesting visual symptoms, such as impaired growth, productivity and morphological changes. Studies aimed at understanding the anatomical and morphological response of plants are incipient and understanding the behavior of plants in response to the application of heavy metals is essential to devise efficient strategies to mitigate the toxic effect of metals. In this context, the chapter aims to evaluate the anatomical and morphological responses of native Amazonian plants exposed to heavy metals. It is known that heavy metals negatively affect plants, causing changes at the physiological, morphological and anatomical levels. Thus, studies are needed to better understand the performance of metals in the anatomy of plants in general. On the other hand, there are positive effects in small amounts, such as stimulating plant growth and development. In this sense, research aimed at understanding the anatomical, morphological and physiological responses, in order to acquire information that can prove the potential and effects of metals in plants, in order to outline strategies that can mitigate deleterious effects on the plant.

Keyword: Anatomical Changes, Morphological Changes and Metal.

1. INTRODUÇÃO

Estudos relacionados a anatomia e a morfologia de plantas nativas da Amazônia submetidas a estresse causado por metais pesados são fundamentais para a compreensão do metabolismo das plantas, visando sugerir estratégias que possam mitigar o efeito negativo dos metais pesados. Além disso, busca-se com os estudos plantas que consigam se adaptar a ambientes contaminados.

De acordo com Benavides et al. (2005) a fitotoxicidade necessita da acumulação e exposição ao metal, da espécie e órgão ou tecido da planta, e com isso, provocando problemas no crescimento e desenvolvimento dos vegetais. Por exemplo, prejudica os processos fisiológicos das plantas, como o absorvimento dos nutrientes, a troca gasosa, afixação de CO₂ e respiração dos vegetais (YAMAMOTO; KOZLOWSKI, 1987). Os elementos químicos comumente classificados no grupo dos metais pesados são: o chumbo (Pb), cádmio, (Cd), níquel (Ni), cobalto (Co), ferro (Fe), zinco (Zn), crômio (Cr), arsênio (As), prata (Ag) (GONÇALVEZ, 2002).

Nas plantas, os metais pesados estimulam respostas fisiológicas e modificações estruturais e ultraestruturais, tais como, danos aos lipídios, proteínas, pigmentos e ácidos nucleicos da membrana manifestando sintomas visuais, como crescimento prejudicado,

produtividade e alterações morfológicas (MARQUES et al., 2000; LUX et al., 2004; WÓJCIK et al., 2005). Além disto, as plantas ao serem afetadas por metais pesados, além de apresentarem alterações fisiológicas, apresentam também modificações morfológicas e anatômicas. Segundo Srighar et al. (2005) encontrou em seu estudo uma diminuição no tamanho das células do parênquima paliçádico e no tamanho das células da epiderme da folha de *Brassica juncea* quando foram plantadas em solo contaminado com zinco (Zn) e por cádmio (Cd). De acordo com Degenhardt e Gimmler (2000) além disso, o sistema radicular das plantas é quem mais sofre, ou seja, é o mais afetado quando o solo se encontra contaminado por ser a parte da planta em contato direto com o contaminante. Em alguns estudos são mostradas alterações na arquitetura e na estrutura da radícula submetida por umas variedades e condições estressantes como salinidade e por metais pesados (REINHARDT; ROSWT, 1995; LUX ET AL., 2004), assim também com alterações em suas barreiras apoplásticas (PERUMALLA; PETERSON, 1986; NORTH; NOBEL, 1995). Sirdhar et al. (2005) observaram em pesquisas com Cd, que este elemento químico ficou retido no sistema radicular, e uma pequena quantidade translocada para caule e folha. De acordo com Sirdhar et al. (2005), a obtenção de informações relacionadas a fisiologia, a morfologia e as características anatômicas das plantas expostas aos metais são é fundamental para se entender o processo de fitorremediação como de uma forma geral.

Estudos voltados para compreender a resposta anatômica e morfológica das plantas são incipientes e entender o comportamento das plantas em resposta a aplicação de metais pesados é essencial para traçar estratégias eficientes para amenizar o efeito tóxico dos metais. Nesse contexto, o capítulo tem como objetivo avaliar as respostas anatômicas e morfológicas de plantas nativas da Amazônia expostas a metais pesados.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 ANATOMIA DE PLANTAS SUBMETIDAS A METAIS PESADOS

Sabe-se que os metais pesados afetam negativamente as plantas causando modificações tanto em nível fisiológico, como morfológico e anatômico. Assim, se faz necessário estudos para que se possa compreender melhor a atuação dos metais na anatomia das plantas em geral. Em estudo realizado por Srighar et al. (2005) observou-se

diminuição do tamanho das células do parênquima paliçádico e também das células da epiderme das folhas de *Brassica juncea* plantadas em solo exposto a zinco (Zn) e cádmio (Cd). Wójcik et al. (2005) verificou em plantas de *Thlaspi caerulescens* a formação de espaços intercelulares no córtex do sistema radicular que ocorreu em virtude da deterioração de células e pela morte das células causadas pela presença de Cd. Nas células da raiz, da parte aérea e das organelas internas, como cloroplasto e mitocôndrias também foram alteradas, pois reduziu a produção de energia e causou estresse oxidativo, afetando a morfologia da planta e as taxas de sobrevivência (GARG, 2011). Esses danos afetam o crescimento e o bem-estar fisiológico das plantas devido à alta taxa de toxicidade.

Na espécie *Polygonum ferrugineum*, observou-se necrose nas células do sistema radicular (epiderme e aerênquima) ao ser exposta a 25 mg L⁻¹ Cd (SOUZA et al., 2009). Esses autores também observaram que as lacunas do aerênquima se expandiram ao aplicar 50 mg L⁻¹ Cd, apesar de não ter sido observado diferença significativa.

As modificações morfológicas e fisiológicas da planta como um todo podem ser as responsáveis de forma direta pelas alterações encontradas na estrutura das raízes em virtude da exposição a metais pesados haja visto que o sistema radicular é responsável pela absorção de água e de nutrientes (GOMES et al., 2011). Esses autores concluíram em seu trabalho que com 30% de contaminação por metal, o sistema radicular de *Salix humboldtiana* teve a maior espessura da epiderme, de exoderme e de endoderme e uma diminuição do número de elementos condutores de xilema.

Dependendo da quantidade de metal que a planta absorve pode causar efeitos negativos como inibir o crescimento, reduzir o peso seco da parte aérea e da raiz (PÉREZ et al., 2014). Geralmente, as raízes são as primeiras a entrar em contato com o metal, por estarem diretamente ligadas ao solo. Logo, é comum afetar fortemente essa estrutura, pois quando a planta está no ápice, na sua fase juvenil, a raiz absorve com mais facilidade a água e as substâncias inorgânicas, junto com os metais pesados através da rizoderme (LUX et al., 2004).

Segundo Yadav (2021), quando ocorre a contaminação no solo, a rizoderme é logo afetada, causando desintegração, danos ou adaptabilidade nas suas células. Aumentar o número de folículos pilosos (pêlos radiculares), pode ser um método adaptativo para manter a ingestão de água e minerais, seu número reduzido ou ausente pode ser um indicador de alta toxicidade do metal (RAHOUI et al., 2017). Além disso, o tecido vascular e o transporte para órgãos acima do solo também podem ser afetados por meio de alterações anatômicas

no xilema, principalmente na xilogênese, devido ao acúmulo de grande quantidade de metal pesado (YADAV et al., 2021).

2.1.1 Raiz

Análises na anatomia de raízes e folhas, são importantes na identificação de sintomas de toxidez e na resposta ao estresse provocado pelos metais, como o cádmio (DJEBALI et al., 2010; ARCANJO; SILVA et al., 2013), o chumbo (GOMES et al., 2011), o ferro (SANTANA et al., 2013) e o zinco (DI BACCIO et al., 2010). Segundo Lux et al. (2011), o cádmio na anatomia da raiz, acelera o prosseguimento da endoderme e da exoderme, podendo causar a lignificação das paredes das células de tecidos corticais internos e de tecidos periféricos ao cilindro vascular. Para esses autores, as alterações causam a diminuição da translocação desse elemento para a parte aérea, o que pode estimular, o balanço de nutrientes e hídrico da planta.

Sintomas como redução na produção de biomassa, clorose nas folhas e desenvolvimento anormal do sistema radicular são encontrados em videiras e plantas de cobertura cultivadas em solo contaminado com cobre (Cu) (AMBROSINI et al., 2016). Sintomas como necrose, redução do crescimento do sistema radicular e das folhas, além de alterações na estrutura de proteínas são relatados por Yruela (2009) em plantas submetidas a concentrações elevadas de Cu.

2.1.2 Caule

O tronco é a ponte que faz o transporte via tecido vascular do metal, desde o solo até a folha, e onde se localiza o xilema e os tecidos circundantes onde ocorre as principais alterações anatômicas (YADAV et al., 2021). Dessa forma, observou-se que em concentrações mais altas de metal (750 e 1000 μM e CdCl_2), ocorreu uma diminuição no diâmetro do caule, o menor desenvolvimento do córtex do caule, um afinamento do anel do câmbio e uma menor produção do número de vasos de menor tamanho, além da redução do número de elementos de vasos do xilema (LIZA; SHETHI; RASHID, 2020). Souza et al. (2009) verificaram de forma visual, embora não significativo que ocorreu um acréscimo na quantidade de camadas do colênquima lamelar e lacunar quando se aplicou 50 mg L^{-1} de Cd em relação as plantas controles.

Pesquisas realizadas por Min et al. 2019, mostrou que a espécie *Amaranthus hypochondriacus* submetida ao metal cádmio (Cd), resultou em mudanças no peso do caule, o qual foi reduzido em mais de 50%, gerando um perfil de expressão de metabólitos com alterações significativas na biossíntese de flavona e flavonol, alanina, aspartato e glutamato. Esses autores também observaram alterações no metabolismo da tirosina, metabolismo do ascorbato e do aldarato, metabolismo do triptofano, arginina e metabolismo da prolina que são componentes responsáveis pelo benefício na construção e manutenção da biomassa vegetal.

2.1.3 Folha

A anatomia foliar representa um papel fundamental no crescimento e no desenvolvimento das plantas, pois entender as modificações causadas pelo metal na folha pode ajudar a entender e a prevenir as respostas causada pelo estresse. O primeiro contato do metal com a planta é pela raiz, logo em seguida ele é translocado para as folhas em pequenas quantidades, mesmo pequenas dosagens podem causar alterações anatômicas irreversíveis na folha, alterações como diminuição do tamanho das células foliares, vasos e feixes vasculares, o que pode causar problemas nos parâmetros estomáticos e na síntese de pigmentos (BATOOL et al., 2015). Em resultados encontrados por (SRIGHAR et al., 2005) relataram redução de 14,0 cm com o tratamento controle e 11,8 cm com 30% de doses de metal, em tecidos epidérmicos como resposta às condições de contaminantes. Em espécies de *Polygonum ferrugineum* depois da exposição a 50 mg L⁻¹ de Cd, ocorreu a compactação do mesofilo, entretanto, não houve alteração significativa na espessura do mesofilo ao comparar aos tratamentos controle e de 25 mg L⁻¹ Cd (SOUZA et al., 2009).

O aumento da espessura abaxial e adaxial, causado por metais pesados, pode estar relacionado à adsorção de metais nas paredes celulares, constituindo uma via alternativa para alocação desses íons e impedindo sua translocação para tecidos fotossintéticos (GOMES et al., 2011). Além disso, à medida que a abertura estomática diminui, a resistência estomática aumenta e a quantidade de CO₂ que entra nos estômatos diminui, resultando em uma menor concentração intercelular de CO₂ (Ci) e leva a uma menor taxa fotossintética na planta (LI et al., 2017).

Segundo Zornoza e Vázquez et al. (2002), o Cd é um exemplo de metal que em grandes concentrações, causa a degradação da clorofila, diminuição da biossíntese e a redução das taxas fotossintéticas, impedindo o desenvolvimento da planta. Sabemos que o

estudo sobre os efeitos dos metais nas plantas é importante, pois é a partir desses estudos, que podemos entender como utilizar o metal pesado sem prejudicar a planta e o solo (TODESCHINI et al., 2011). Nesse sentido, diversas técnicas de remediação no solo têm sido propostas, e uma delas é a técnica da fitorremediação (TAVARES, 2009).

A fitorremediação surgiu da descoberta de plantas resistentes aos metais pesados, a partir do tratamento *in situ* (AMADO; CHAVES FILHO, 2015). Essa técnica é realizada na própria área da contaminação por metais e se tornou um processo atraente e financeiramente viável (ANDRADE et al., 2010). Nesse sentido, a fitorremediação por metais pesados apresenta quatro técnicas conhecidas como fitoextração, rizofiltração ou fitofiltração, fitoestabilização e fitovolatilização, no qual se distinguem uma da outra pelo mecanismo específico que cada uma apresenta (PEREIRA, 2022). No qual cada uma dessas técnicas tem características específicas que limita ou favorece para seu uso a depender do que se deseja remediar e do contaminante existente no solo (PINHEIRO, 2017). Algumas delas são apresentadas na figura 1.

As plantas utilizadas para fitorremediação precisam apresentar algumas características específicas, tais como: tolerância ao metal, tolerância à fertilidade reduzida, tolerância ao ataque de pragas e doenças (PRABAKARAN et al., 2019). De acordo com esses autores, tem que apresentar ainda um rápido crescimento, raízes densas e uma elevada capacidade de acumular ou imobilizar os metais.

Diante deste contexto, a procura por plantas adaptadas tanto as condições climáticas quanto ao fator edafito, e que sejam eficazes para descontar o solo é fundamental para se ter mais alternativas de plantas que possam ser utilizadas para fins de fitorremediação (PEREIRA, 2022).

Os vegetais incluídos nesse grupo podem ser classificados como fitoextratores que agem retirando poluentes dos solos, e acaba os acumulando em níveis superiores a cem em comparação a outras espécies colocadas em situações semelhantes de crescimento, como plantas fitodegradadoras, que possuem característica de diminuir poluentes derivados de substâncias orgânicas a partir da sua atuação enzimática, no qual podem ser transformados em substâncias inorgânicas ou serem degradados a compostos intermediários que serão acumulados em seus tecidos (AMADO et al., 2015). Segundo os mesmos autores podem ser classificadas ainda como fitoestabilizadoras que preveem problemas erosivos ou lixiviadores dos solos, buscando amenizá-los de forma que os poluentes se estabilizem.

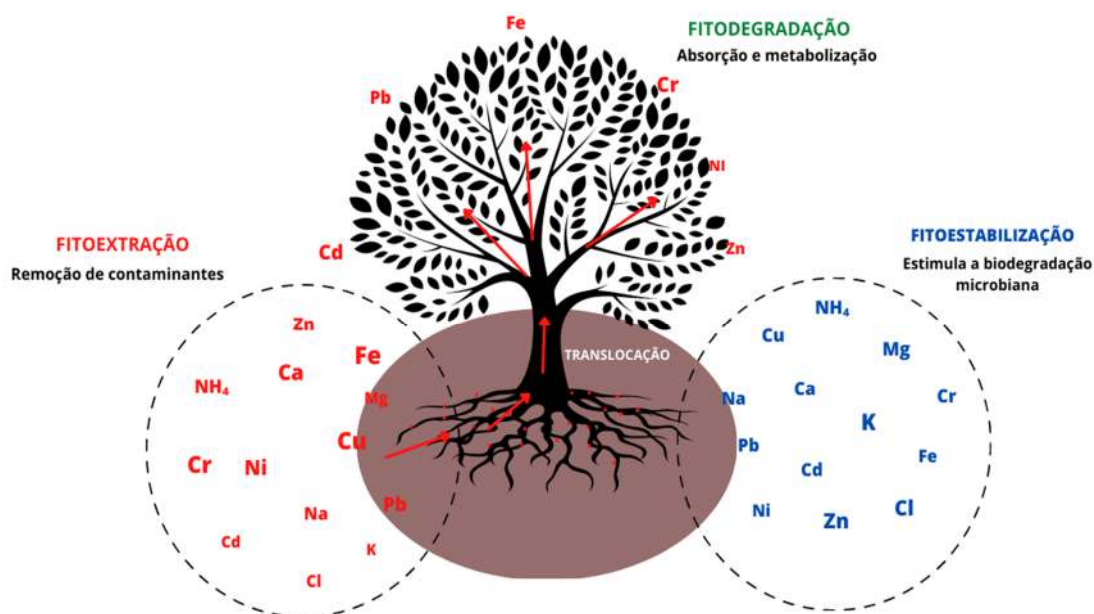


Figura 1. Mecanismos da fitorremediação e seus processos de fitoextração, fitodegradação e fitoestabilização.

2.2 MORFOLOGIA DE PLANTAS SUBMETIDAS A METAIS PESADOS

A contaminação por metais pesados tornou-se um sério problema ambiental em todo o mundo. O aumento da industrialização, o crescimento desordenado da população e a urbanização liberam metais que comprometem o solo e a água e causam danos à biota viva devido à sua magnificação trófica através da cadeia alimentar (KUMAR et al., 2019). Atividades naturais como erupção de vulcão e erosão de rochas têm contribuído para aumentar a liberação de elementos tóxicos ao meio ambiente; contudo, o aumento das atividades humanas, como mineração, pintura e refino aumentou sua concentração na biosfera (SIDHU et al., 2016; SIDHU et al., 2017).

Para Arshad et al. (2017) o aumento do nível de acúmulo de metais pesados nos órgãos vegetais afeta negativamente o metabolismo celular na planta. De acordo com BAZIHIZINA et al. (2015) os metais podem afetar e intervir de forma negativa nas funções celulares podendo gerar lesões e causando mudanças no metabolismo da planta tais como: atenuação nas trocas gasosas, além de apresentar a redução dos níveis de clorofila etc. As diferentes atividades fisiológicas nas plantas, como metabolismo de proteínas, fotossíntese, respiração e morfogênese, são naturalmente afetadas por uma alta concentração de

compostos tóxicos, como metal pesado (FOYER et al., 2005; GUERRA et al., 2011; SIDHU et al., 2016). Muitas espécies de plantas, como *Brassica napus*, *Helianthus annuus*, *Thlaspi caerulescens*, *Vigna radiata* mostraram inibição na fotossíntese em resposta ao tratamento com Cádmio (Cd) (DI CAGNO et al., 2001; KUPPER et al., 2007; WAHID et al., 2008; BARYLA et al., 2011; TRAN et al., 2013). Nesse sentido, Tandon e Srivastava (2014) investigaram o efeito do chumbo (Pb) na morfologia e no metabolismo de *Sesamum indicum* e descobriram que o aumento da concentração do metal afetou o crescimento da planta. Além disso, a planta apresentou sintomas graves de clorose, necrose e redução da clorofila e do teor de proteína em doses mais altas de Chumbo (2mM e 5mM) (THANDON et al., 2014).

Os metais podem afetar significativamente o estado morfofisiológico e bioquímico das plantas (GOOLSBY; MASON, 2015; XIAO et al., 2020). Além disso, na morfologia das plantas, os metais pesados induzem alterações no nível estrutural e ultraestrutural, como danos aos lipídios da membrana, proteínas, pigmentos e ácidos nucleicos, manifestados em sintomas visuais como crescimento lento, produtividade reduzida e alterações morfológicas como a inibição do crescimento da planta além de causar necrose e afins (MARQUES et al., 2000; LUX et al., 2004; WÓJCIK et al., 2005).

Como todos os organismos vivos, as plantas são frequentemente sensíveis tanto à falta quanto ao excesso de disponibilidade de alguns íons de metais pesados. O cádmio, o mercúrio, o alumínio, níquel, o zinco entre outros metais pesados são altamente tóxicos para atividades metabólicas e morfológica das plantas, com isso o metal pode modificar a permeabilidade da membrana celular e subcelular, a estrutura e função de proteínas e ácidos nucleicos, o metabolismo de neuromoduladores e de hormônios, afetando assim os fenômenos homeostáticos (ZATTA et al., 1992).

O cádmio (Cd) é um metal comumente encontrado em fertilizantes, adesivos e fungicidas, a sua toxicidade leva à diminuição da atividade fotossintética (BURZYNSKI; KLOBU, 2004; DIAS et al., 2013), ocasiona alterações morfofisiológicas nas plantas como distúrbios metabólicos da fonte e sistema de drenagem (ROY et al., 2016), uma vez que não interfere com a absorção, transporte e utilização de diferentes elementos minerais (Ca, Mg, P e K) e água pelas plantas (DAS et al., 1997; DIAS et al., 2013) e reduzem a absorção de nitrato e seu transporte das raízes para parte aérea por inibir a atividade do nitrato redutase na parte aérea (HERNÁNDEZ et al., 1996). O níquel (Ni) pode afetar o crescimento e o desenvolvimento das plantas. Ao inibir a absorção e o metabolismo do ferro (Fe), reduzindo a concentração de clorofila e interferem na fotossíntese (NAGAJYOTI et al., 2010). As doses de Ni acima dos limites críticos levam à inibição do crescimento da planta, clorose, danos ao

aparato fotossintético (degradação da clorofila, tilacoide, xantofila e danos à membrana do carotenoide), supressão da assimilação de CO₂ e diminuição da condutância estomática (CHEN, 2009). Einhart et al. (2021) determinaram que doses foliares de níquel (Ni) superiores a 120 g ha⁻¹ promovem estresse oxidativo em plantas e afetam a função de seu aparato fotossintético em condições hidropônicas. Na parte aérea, a toxicidade do (Cu) se reflete na redução do comprimento do caule e da folha diminuição do número e da área foliar e aparecimento de clorose (MARSCHNER, 2012; ADREES et al., 2015). Diante deste contexto, os estudos voltados a compreender a anatomia e a morfologia das plantas expostas a diferentes tipos de metais pesados é importante para elucidar as lacunas sobre como o metabolismo da planta é afetado ao ser expostas a condições estressantes por contaminantes. Além disso, compreender esses mecanismos pode ajudar a propor estratégias eficientes que possam ser utilizadas para mitigar os metais pesados do solo, contribuindo para a questão econômica, social e ambiental.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As plantas ao serem expostas aos metais pesados, além de possuir alterações fisiológicas, apresentam também modificações morfológicas e anatômicas. Dessa forma, o estresse por metais pesados tem sido uma das principais ameaças para as plantas que crescem em áreas contaminadas. Para lidar com os efeitos nocivos dos metais pesados, as plantas desenvolvem vários processos moleculares, metabólicos e fisiológicos que lhes permitem evitar fatores estressantes ou lidar com eles. Por meio deste estudo, buscou-se reunir dados gerados, que podem ser úteis na detecção dos níveis letais de metais pesados para determinadas espécies de plantas, sua tolerância e capacidade de remediação.

As pesquisas mostraram que existe uma relação entre alto teor de metal em espécies florestais e agrícolas, causando danificações na sua anatomia e morfologia, ocasionando efeitos negativos em grande quantidade de metal, como inibir o crescimento, reduzir o peso seco da parte aérea e da raiz e mudanças estruturais como mudanças no tamanho, forma, cor, entre outros. Em contrapartida, há efeitos positivos em pequenas quantidades, como estimular o crescimento e desenvolvimento das plantas. Nesse sentido, este trabalho sugere que sejam aprofundados estudos anatômicos, morfológicos e fisiológicos, a fim de

adquirir informações que possam comprovar o potencial e efeitos dessas substâncias em plantas.

4. REFERÊNCIAS

ALLOWAY, B. The origins of heavy metals in soils. **Heavy metals in soils**, v.22, p.33-39, 1990.

ALMEIDA, A.A.F. DE; VALLE, R.R.; MIELKE, M.S.; GOMES, F.P. Tolerance and prospection of phytoremediator woody species of Cd, Pb, Cu and Cr. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.19, n.2, p.83-98, 2007.

AMADO, S.; FILHO, J.T. Fitorremediação: uma alternativa sustentável para remediação de solos contaminados por metais pesados. **Natureza Online**, v.13, n.4, p.158-164, 2015.

AMBROSINI, V.G.; SORIANI, H.H.; ROSA, D.J.; TIECHER, T.L.; GIROTTTO, E.; SIMÃO, G.D.; et al. **Impacto do excesso de cobre e zinco no solo sobre videiras e plantas de cobertura**. In: MELO, G.W.B. de; ZALAMENA, J.; BRUNETTO, G.; CERETTA, C.A. (Org.) Calagem, adubação e contaminação em solos cultivados com videiras. Bento Gonçalves, RS: Embrapa Uva e Vinho, 2016.

BARCELO, J.; POSCHENRIEDER, C. Fast root growth responses, root exudates, and internal detoxification as clues to the mechanisms of aluminium toxicity and resistance: a review. **Environmental and Experimental Botany**, v.48, n.1, p.75-92, 2002.

BATOOL, R.; HAMEED, M.; ASHRAF, M.; AHMAD, M.S.A; FÁTIMA, S. Respostas físico-anatômicas das plantas aos metais pesados. No fitorremediação para energia verde; **Springer: Dordrecht, Holanda**, 2015.

BAZIHIZINA, N.; REDWAN, M.; TAITI, C. Root based responses account for Psidium guajava survival at high nickel concentration. **Journal of Plant Physiology**, v.174, p.137-146, 2015.

BURZYŃSKI, M.; KŁOBUS, G. Changes of photosynthetic parameters in cucumber leaves under Cu, Cd, and Pb stress. **Photosynthetica**, v.42, p.505-510, 2004.

CHACA, M.V.P.; VIGLIOCCO, A.; REINOSO, H.; MOLINA, A.; ABDALA, G.; ZIRULNIK, F.; et al. Effects of cadmium stress on growth, anatomy and hormone contents in *Glycine max* (L.) Merr. **Acta physiologiae plantarum**, v.36, p.2815-2826, 2014.

CHEN, C.; HUANG, De.; LIU, J. Functions and toxicity of nickel in plants: recent advances and future prospects. **Clean-soil, air, water**, v.37, n.4-5, p.304-313, 2009.

DAS, P.; SAMANTARAY, S.; ROUT, G.R. Studies on cadmium toxicity in plants: a review. **Environmental pollution**, v.98, n.1, p.29-36, 1997.

DEGENHARDT, B.; GIMMLER, H. Cell wall adaptations to multiple environmental stresses in maize roots. **Journal of experimental botany**, v.51, n.344, p.595-603, 2000.

DIAS, M.C.; MONTEIRO, C.; PEREIRA, J.M.; CORREIA, C.; GONÇALVES, B.; SANTOS, C. Cadmium toxicity affects photosynthesis and plant growth at different levels. **Acta physiologiae plantarum**, v.35, p.1281-1289, 2013.

DUFFUS, J.H. " Heavy metals" a meaningless term? (IUPAC Technical Report). **Pure and applied chemistry**, v.74, n.5, p.793-807, 2002.

EINHARDT, A.M.; FERREIRA, S.; RODRIGUES, F.Á. Biochemical and physiological responses of soybean [*Glycine max* (L.) Merrill] to nickel toxicity. **Bragantia**, v.80, p.e1721, 2021.

ELISABETTINI, P. Compte rendu de Peter Atkins & Loretta Jones:«Chemistry: Molecules, Matter and Change». **Revue des questions scientifiques**, v.168, n.3, p.318-318, 1997.

GARG, N.; SINGLA, P. Arsenic toxicity in crop plants: physiological effects and tolerance mechanisms. **Environmental chemistry letters**, v. 9, p. 303-321, 2011.

GOMES, M.P.; MARQUES, T.C.L.L. DE S.E.M.; NOGUEIRA, M. DE O.G.; CASTRO, E.M. DE; SOARES, Â.M. Ecophysiological and anatomical changes due to uptake and accumulation of heavy metal in *Brachiaria decumbens*. **Scientia Agricola**, v.68, p.566-573, 2011.

GOMES, M.; MARQUES, T.; NOGUEIRA, M.; SILVA, G.; CASTRO, E.; SOARES, Â. Efeitos dos rejeitos da indústria de zinco na anatomia e crescimento de plantas jovens de *Salix humboldtiana* Willd. (salgueiro). **Hoehnea**, v.38, n.1, p.135-142, 2011.

GONÇALVES, A.; PESSOA, A. Fitodisponibilidade de cádmio, chumbo e cromo, em soja cultivada em Argissolo Vermelho eutrófico a partir de adubos comerciais. **Scientia Agraria**, v.3, n.1-2, p.19-23, 2002.

GONÇALVES, A.; LUCHESE, E.; LENZI, E. Avaliação da fitodisponibilidade de cádmio, chumbo e cromo, em soja cultivada em Latossolo Vermelho-escuro tratado com fertilizantes comerciais. **Química Nova**, v.23, p.173-177, 2000.

HERNANDEZ, L.E.; CARPENA-RUIZ, R.; GARATE, A. Alterations in the mineral nutrition of pea seedlings exposed to cadmium. **Journal of Plant Nutrition**, v.19, n.12, p.1581-1598, 1996.

LI, Y.; LI, H.; LI, Y.; ZHANG, S. Improving water-use efficiency by decreasing stomatal conductance and transpiration rate to maintain higher ear photosynthetic rate in drought-resistant wheat. **The Crop Journal**, v.5, n.3, p.231-239, 2017.

LIU, J.; MENDOZA, I.M.; MEYER, M.L.; CHEUNG, F.; TOWN, C.D.; HARRISON, M.J. Arbuscular mycorrhizal symbiosis is accompanied by local and systemic alterations in gene expression and an increase in disease resistance in the shoots. **The Plant Journal**, v.50, n.3, p.529-544, 2007.

LIZA, S.J.; SHETHI, K.J.; RASHID, P. Effects of cadmium on the anatomical structures of vegetative organs of chickpea (*Cicer arietinum* L.). **Dhaka University Journal of Biological Sciences**, v.29, n.1, p.45-52, 2020.

LUNKES, A.M.Z.; MANTOVANI, N.C.; SORIANI, H.H.; RANGEL JUNIOR, F.S. Crescimento e tolerância de mudas de *Ilex paraguariensis* A. St.-Hil. cultivadas em solo contaminado com cobre. **Ciência Florestal**, v.32, n.4, p.1948-1963, 2022.

LUX, A.; SOTTNÍKOVÁ, A.; OPATRNÁ, J.; GREGER, M. Differences in structure of adventitious roots in *Salix* clones with contrasting characteristics of cadmium accumulation and sensitivity. **Physiologia plantarum**, v.120, n.4, p.537-545, 2004.

MARQUES, T.C.L.L. De S.M.; MOREIRA, F.M. de S.; SIQUEIRA, J.O. Crescimento e teor de metais de mudas de espécies arbóreas cultivadas em solo contaminado com metais pesados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, p.121-132, 2000.

NAGAJYOTI, P.C.; LEE, K.D.; SREEKANTH, T.V.M. Heavy metals, occurrence and toxicity for plants: a review. **Environmental chemistry letters**, v.8, p.199-216, 2010.

NORTH, G.B.; NOBEL, P.S. Hydraulic conductivity of concentric root tissues of *Agave deserti* Engelm. under wet and drying conditions. **New Phytologist**, v.130, n.1, p.47-57, 1995.

OLIVEIRA, S.A.; TAVARES, S.R.L.; SALGADO, C. Avaliação de espécies vegetais na fitorremediação de solos contaminados por metais pesados. **Holos**, v.5, p.80-97, 2013.

PANDEY, N.; BHATT, R. Role of soil associated *Exiguobacterium* in reducing arsenic toxicity and promoting plant growth in *Vigna radiata*. **European Journal of Soil Biology**, v.75, p.142-150, 2016.

PEREIRA, A. **Espécies de plantas nativas brasileiras com potencial de fitorremediação de metais: uma revisão de literatura**. 39f. (Trabalho de Conclusão de Curso) Graduação em Engenharia Ambiental - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, Minas Gerais, 2022.

PERUMALLA, C.J.; PETERSON, C.A. Deposition of Casparian bands and suberin lamellae in the exodermis and endodermis of young corn and onion roots. **Canadian Journal of Botany**, v.64, n.9, p.1873-1878, 1986.

PINHEIRO, M.B. **Plantas para infraestrutura verde e o papel da vegetação no tratamento das águas urbanas de São Paulo: identificação de critérios para seleção de espécies**. (Dissertação) Mestrado em Paisagem e Ambiente - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

RAHOUI, S.; MARTINEZ, Y.; SAKOUHI, L.; BEN, C.; RICKAUER, M.; EL FERJANI, E.; GENTZBITTEL, L.; CHAOUI, A. Cadmium-induced changes in antioxidative systems and differentiation in roots of contrasted *Medicago truncatula* lines. **Protoplasma**, v.254, p.473-489, 2017.

REINHARDT, D.H.; ROST, T.L. Salinity accelerates endodermal development and induces an exodermis in cotton seedling roots. **Environmental and experimental Botany**, v.35, n.4, p.563-574, 1995.

ROY, S.K.; CHO, S.W.; KWON, S.J.; KAMAL, A.H.; KIM, S.W.; OH, M.W.; LEE, M.S.; CHUNG, K.Y.; XIN, Z.; WOO, S.H. Morpho-Physiological and Proteome Level Responses to Cadmium Stress in Sorghum. **PLoS One**, v.11, n.2, p.e0150431, 2016.

SOFO, A.; KHAN, N.A.; D'IPPOLITO, I.; REYES, F. Subtoxic levels of some heavy metals cause differential root-shoot structure, morphology and auxins levels in *Arabidopsis thaliana*. **Plant Physiology Biochemistry**, v.173, p.68-75, 2022.

SRIDHAR, M.B.B.; DIEHL, S.V.; HAN, F.X.; MONTS, D.L.; SU, Y. Anatomical changes due to uptake and accumulation of Zn and Cd in Indian mustard (*Brassica juncea*). **Environmental and experimental botany**, v.54, n.2, p.131-141, 2005.

WOJCIK, M.; VANGRONSVELD, J.; D'HAEN, J.; TUKIENDORF, A. Cadmium tolerance in *Thlaspi caerulescens*: II. Localization of cadmium in *Thlaspi caerulescens*. **Environmental and Experimental Botany**, v.53, n.2, p.163-171, 2005.

XIE, M.; CHEN, W.; LAI, X.; DAI, H.; SUN, H.; ZHOU, X.; CHEN, T. Metabolic responses and their correlations with phytochelatins in *Amaranthus hypochondriacus* under cadmium stress. **Environmental Pollution**, v.252, p.1791-1800, 2019.

YADAV, V.; ARIF, N.; KOVÁČ, J.; SINGH, V.P.; TRIPATHI, D.K.; CHAUHAN, D.K.; et al. Structural modifications of plant organs and tissues by metals and metalloids in the environment: **A review. Plant Physiology and Biochemistry**, v.159, p.100-112, 2021.

YAMAMOTO, Y.; KOBAYASHI, Y.; DEVI, R.S.; RIKIISHI, S.; MATSUMOTO, H. Oxidative stress triggered by aluminum in plant roots. **Plant and Soil**, v.255, p.239–243, 2003.

ZATTA, P.; GOBBO, S.; ROCCO, P.; PERAZZOLO, M.; FAVARATO, M. Evaluation of heavy metal pollution in the Venetian lagoon by using *Mytilus galloprovincialis* as biological indicator. **Science of the total environment**, v.119, p.29-41, 1992.

ZORNOZA, P.; VÁZQUEZ, S.; ESTEBAN, E.; PASCUAL, M.F.; CARPEN, R. Cadmium-stress in nodulated white lupin: strategies to avoid toxicity. **Plant Physiology and Biochemistry**, v.40, n.12, p.1003-1009, 2002.

RESPOSTAS DAS TROCAS GASOSAS, DO METABOLISMO DO CARBONO E NITROGÊNIO EM PLANTAS CONTAMINADAS POR METAIS PESADOS

Girlanda Squires Raiol¹, Anna Márcia da Silva Dias¹, Luma Castro de Souza², Ana Ecídia de Araújo Brito³, Glauco Andre dos Santos Nogueira³, Vitor Resende do Nascimento⁴, Raphael Leone da Cruz Ferreira⁵, Joze Melisa Nunes de Freitas¹, Cândido Ferreira de Oliveira Neto¹ e Ricardo Shigueru Okumura⁶

1. Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), Instituto de Ciências Agrárias, Belém, Pará, Brasil;
2. Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Professor, Centro de Ciências Agrárias e Ambientas (CCAA), Chapadinha, Maranhão, Brasil;
3. Fundação Amazônia de Amparo a Estudos e Pesquisas (FAPESPA), Instituto de Ciências Agrárias, Belém, Pará, Brasil;
4. Universidade Federal do Pará (UFPA), Pará, Brasil;
5. Instituto Federal do Amapá (IFAP), Professor, Porto Grande, Amapá, Brasil;
6. Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), Professor, Campus Parauapebas, Parauapebas, Pará, Brasil.

RESUMO

Os metais pesados afetam negativamente as trocas gasosas, o metabolismo do carbono e do nitrogênio nas plantas, assim quando entram em contato com os vegetais podem diminuir a pressão parcial de CO₂ nos estômatos, havendo um decréscimo na concentração e na condutância estomática. Dessa forma surge a necessidade de estudos voltados para se compreender a dinâmica dos metais pesados no metabolismo vegetal. Assim, essa revisão teve como objetivo reunir informações sobre como as plantas reagem quando expostas a diferentes concentrações de metais pesados e como as trocas gasosas, o metabolismo do nitrogênio e do carbono vão ser modificados após essa exposição. Dessa forma, será possível indicar quais espécies são mais resistentes, ou não, ao metal a qual é exposta. Ainda são necessárias mais pesquisas para que se possa compreender como os diferentes tipos de metais pesados afetam as trocas gasosas das plantas. Portanto, apesar do alto teor de contaminação, determinadas espécies conseguem permanecer em solo contaminado por metais, pois apresentam certa resistência, além de usarem os metais absorvidos em benefício próprio, ainda promovem a regeneração do local tratado.

Palavras-chave: Alterações Fisiológicas, Metabolismo Vegetal e Metal.

ABSTRACT

Heavy metals negatively affect gas exchange, carbon and nitrogen metabolism in plants, so when they come into contact with plants they can decrease the partial pressure of CO₂ in the stomata, with a decrease in concentration and stomatal conductance. Thus, there is a need for studies aimed at understanding the dynamics of heavy metals in plant metabolism. Thus, this review aimed to gather information on how plants react when exposed to different concentrations of heavy metals and how gas exchange, nitrogen and carbon metabolism will be modified after this exposure. In this way, it will be possible to indicate which species are more resistant, or not, to the metal to which they are exposed. More research is still needed to understand how different types of heavy metals affect gas exchange in plants. Therefore, despite the high level of contamination, certain species manage to remain in soil contaminated by metals, as they have a certain resistance, in addition to using the absorbed metals for their own benefit, they also promote the regeneration of the treated site.

Keywords: Physiological Changes, Plant Metabolism and Metal.

1. INTRODUÇÃO

Com o passar dos anos, a preocupação com relação às consequências que as ações humanas tem causado no meio ambiente, por causa do seu modo de vida, têm aumentado. Com o consumismo descontrolado e a expansão demográfica junto de atividades empresariais acarretam a produção de resíduos (com descarte incorreto dos mesmos), causando a contaminação por metais pesados no solo, na água e nos alimentos. Essa contaminação pode trazer consequências a saúde humana e causar danos ambientais irreparáveis.

Os metais pesados fazem parte da composição do ambiente (SILVA, 2019) e estão presentes em toda parte: no ar, na água, nos solos, nos sedimentos, etc., de forma natural ou artificial, principalmente através de resíduos da indústria, do lixo, do esgoto, entre outros. De acordo com Souza et al. (2018) para um metal ser considerado tóxico é necessário atender diversos fatores, como a dose de metal, que varia de acordo com o elemento estudado; capacidade vinculativa do metal; a capacidade do organismo para secretar ou absorver o metal e etc. Segundo Volke, Velasco e Rosa (2010) as absorções dos metais pesados pelo sistema radicular das plantas não ocorrem de forma linear. Esse tipo de absorção causa efeitos negativos nos processos fisiológicos, fotossíntese, na absorção de nutrientes, respiração, trocas gasosas e na fixação de CO₂ (gás carbônico) (NEGRÃO, 2022). No geral, os metais em doses tóxicas causam efeitos semelhantes nas plantas, como por exemplo, segundo NOGUEIRA (2018) as trocas gasosas são afetadas; pois provocam o

fechamento dos estômatos, diminuindo a transpiração da planta, causando estresse e afetando seu desenvolvimento.

Essa revisão teve como objetivo reunir informações sobre como as plantas reagem quando expostas a diferentes concentrações de metais pesados e como as trocas gasosas, o metabolismo do nitrogênio e do carbono vão ser modificados após essa exposição. Dessa forma, será possível indicar quais espécies são mais resistentes, ou não, ao metal a qual é exposta.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 METAIS PESADOS

Denomina-se metal pesado um conjunto heterogêneo de elementos químicos com número atômico maior que 20; peso específico maior que 6 g.cm^{-3} (ou 5 g.cm^{-3}) (ESTRELA, 2018); e se o elemento oferece riscos toxicológicos às plantas e animais, entre eles, o arsênio e cádmio (JUNIOR et al., 2022). Tal termo é aplicado a metais, ametais e semimetais. Esses elementos possuem origens variadas, provém de rochas, erupções vulcânicas, resíduos industriais e etc (LONGO et al., 2020).

Dentre todos os metais presentes na natureza, nesta revisão serão abordados apenas quatro: Cádmio (Cd), Arsênio (As), Cromo (Cr) e Cobre (Cu), nos quais será discutido suas funcionalidade e relevância no ambiente.

2.1.1 Atuação do cádmio na planta

No ano de 1817, um químico alemão conhecido como Friedrich Stromeyer fez a descoberta do metal pesado cádmio, com símbolo Cd, é um metal altamente tóxico mesmo que em baixas concentrações de até 0,2 mg (PAIS et al., 2018). Para os mesmos autores o elemento ocupa o grupo 12 da tabela periódica, com número atômico 48, massa atômica relativa 112,41u e estado de oxidação principal (+2); seus pontos de fusão e ebulição são respectivamente $321,07^{\circ}\text{C}$ e $766,87^{\circ}\text{C}$, com densidade de $8,64 \text{ g.cm}^{-3}$.

A origem, a absorção pelas plantas, a atuação na planta, a forma de absorção e de ocorrência do cádmio são apresentados no mapa mental da figura 1.

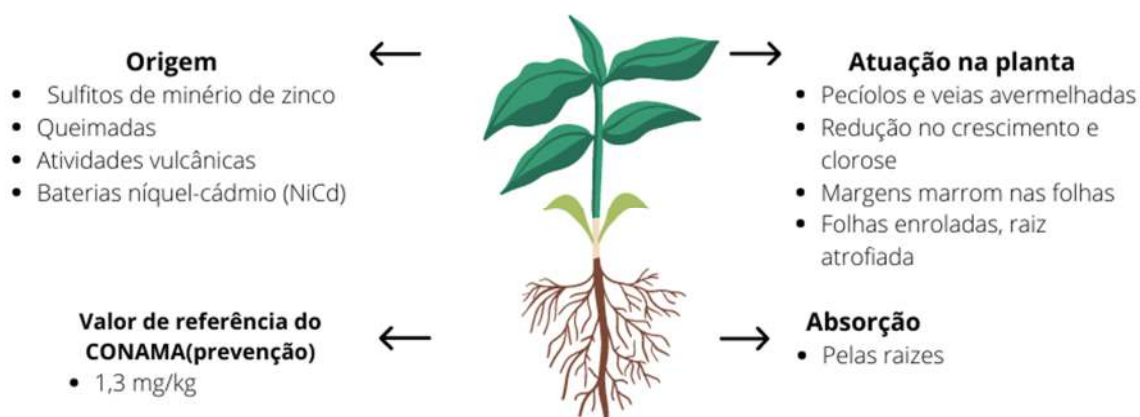


Figura 1. Mapa mental do cádmio (Cd).

De acordo com Riguetti et al. (2015), seu alto poder de acumulação e biomagnificação, que consiste na integração de diversas concentrações do poluente ao longo do tempo, os metais se acumulam e seus níveis passam a aumentar no local, causa danos a longo prazo, mesmo que em pequenas quantidades, em consequência do alto nível de toxicidade. Seu uso exacerbado, em conjunto com o descarte incorreto de resíduos da indústria, tornou-se uma fonte de preocupação.

Nas plantas, o sistema radicular absorve o cádmio com maior facilidade, em comparação com outros metais (RAMOS, 2007). Sua absorção causa alguns efeitos prejudiciais ao desenvolvimento da planta, principalmente na fase de germinação e plântula, tendo como alguns dos seus efeitos: margens marrons nas folhas, pecíolos e veias avermelhadas, folhas enroladas e raiz atrofiada, severa redução no crescimento da raiz (MERLINO, 2010). Para esse autor, o cádmio causa a diminuição da condutividade da haste ocasionada pela degradação dos tecidos do xilema, causa o amarelecimento, a diminuição do crescimento e prejudica a fotossíntese, além de afetar os processos enzimáticos e metabólicos.

O estudo feito por Saldanha (2021) (Tabela 1), sobre o potencial de fitorremediar e as modificações nos nutrientes de mudas de pau-pretinho que foram submetidas a dosagens de cádmio (0, 20, 40, 60, e 80 mg/L), demonstrou um acúmulo maior no sistema radicular nos tratamentos de 40 e 60 mg/L⁻¹ sendo 1,218.80 e 1,068.74 mg/kg respectivamente, e nos tecidos foliares foi encontrado menores concentrações de Cd, variando de 2.85 mg/Kg MS (80 mg/L⁻¹ Cd) a 7.24 mg/Kg MS (40 mg/L⁻¹ Cd).

Tabela 1. Valores de referência de Cd em comparação aos encontrados na literatura.

Planta	Metal	Valor de referência (Conama)	Valor encontrado na literatura	Referência
Pau-pretinho (<i>Cenostigma tocanthum</i> Ducke)	Cádmio	1,3 mg/kg	0, 20, 40, 60 e 80 mg/L	Saldanha, 2021.

2.1.2 Atuação do Arsênio (As) na planta

Segundo Abreu (2016), o arsênio é um metalóide, classificado como um metal pesado devido a sua alta toxicidade que promove riscos à saúde humana, ocupa a 33ª posição na tabela periódica, com massa atômica 75, sendo o 47º elemento mais abundante na crosta terrestre. De acordo com o mesmo autor, esse elemento químico foi descoberto no século XIII por Albertus Magnus, sendo utilizado como veneno e alguns anos à frente passou a ser aplicado como um remédio para a Peste Negra.

A origem, a absorção pelas plantas, a atuação na planta, a forma de absorção e de ocorrência do arsênio são apresentados no mapa mental da figura 2.

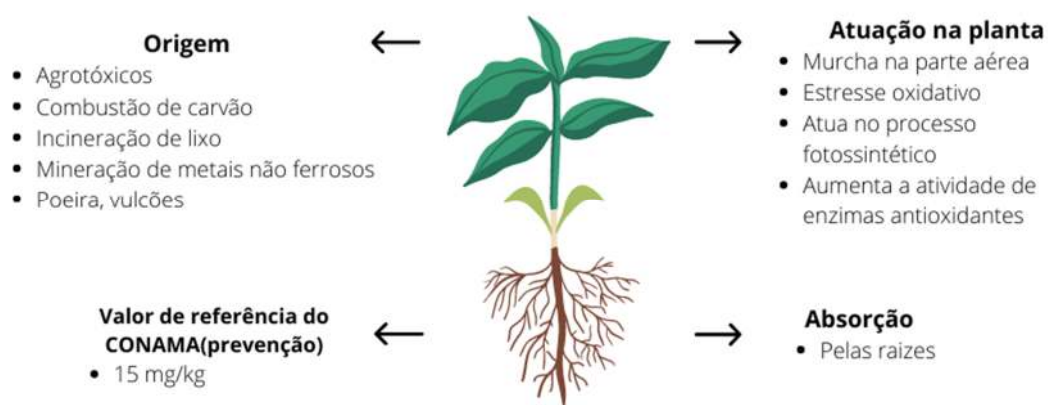


Figura 2. Mapa mental sobre As.

Para Renner (2022), o arsênio pode ser classificado como orgânico e inorgânico, sendo o segundo a forma mais tóxica do elemento, combinado a outros elementos como o oxigênio, cloro e enxofre.

Alguns elementos presentes no solo irão influenciar a forma como o As se comporta no local, como por exemplo: a presença de óxidos de Fe (Ferro) e Al (Alumínio), pH, argila no solo, entre outros, causando ou não uma retenção do elemento (SANTANA FILHO, 2005). Para esse autor, o efeito que o arsênio vai causar no solo depende da sua concentração e das propriedades do solo, alterando ou não a forma como o metal vai se movimentar no solo e ser absorvido.

Não é um elemento essencial às plantas (SANTANA FILHO, 2005), pois não se encontra em nenhum processo metabólico. Porém, as plantas podem acumular em suas raízes cerca de 1 mg kg^{-1} (ABREU, 2016), quando estão em um habitat contaminado e quando entram em contato podem diminuir a produção de fitomassa na parte aérea e raiz da planta (ANDREAZZA, 2011).

O Arsênio apesar de pode ser translocado para a parte aérea, a quantidade transportada é baixa (ZHAO et al., 2009). Segundo os estudos realizados por Pita-Barbosa (2009), a ação do As pode ser observada na planta através de murchas na folha, e também podem elevar a atividade de enzimas antioxidantes. Modificações na estrutura das raízes (PITA-BARBOSA, 2009), e um baixo crescimento em raízes laterais (SINGH et al., 2007) também são sintomas da presença do arsênio na planta.

Um estudo realizado por Melo et al. (2015) avaliou o potencial fitorremediador de mucuna preta, feijão de porco e crotalária em amostras de Latossolo Vermelho Amarelo instruídas em diferentes dosagens de arsênio (0, 50, 100 e 200 mg dm^{-3}) (Tabela 2), no qual foi observado um acúmulo de metal nas folhas jovens, no caule e nas raízes, como também a diminuição de 50% de produção de biomassa. Esses autores também observaram lesões nas folhas do feijão de porco e da crotalária.

Tabela 2. Valores de referência de As em comparação aos encontrados na literatura.

Planta	Metal	Valor de referência do Conama	Valor encontrado na literatura	Referência
Mucuna preta, feijão de porco e crotalária	Arsênio	15 mg/kg	0,50, 100 e 200 mg dm^{-3}	Melo, 2015.

2.1.3 Atuação do Cobre (Cu) na planta

De número atômico 29 e símbolo Cu, o cobre é um metal de transição, supostamente, o primeiro a ser manipulado pelo homem (SILVA, 2020). Possui massa atômica de 63,3g e pertence ao grupo 11 da classificação periódica dos elementos e seus teores aceitos são de 2 a 250mg kg⁻¹ no solo e 5 a 20 mg kg⁻¹ nas plantas (SOUZA, 2021).

A origem, a absorção pelas plantas, a atuação na planta, a forma de absorção e de ocorrência do cobre são apresentados no mapa mental da figura 3.

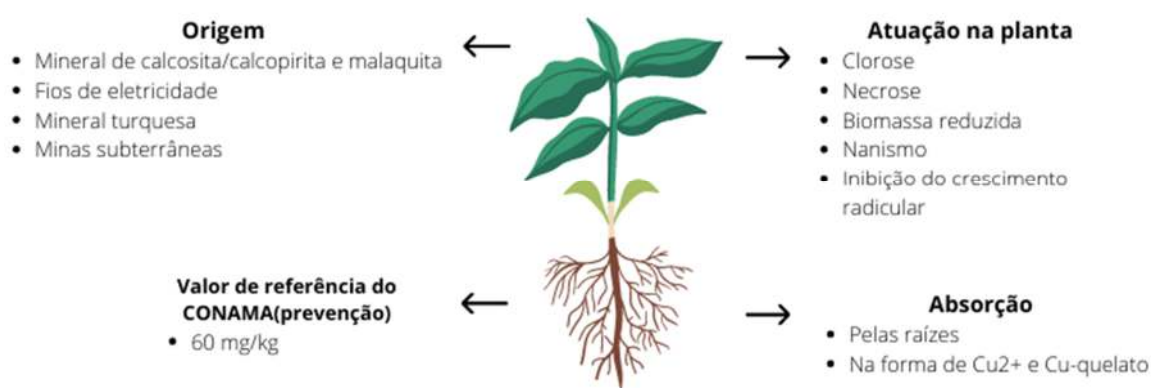


Figura 3. Mapa mental sobre Cu.

Suas principais fontes antropogênicas são a partir da mineração, fundição, queima de carvão, incineração de resíduos municipais, lodos de esgoto, alguns fungicidas e agrotóxicos (CETESB, 2012). Dentre as utilizações do cobre se destacam a fabricação de moedas, de fiação elétrica, para a fabricação de ligas e de chapas metálicas (SILVA et al., 2020). Ainda segundo esses autores é utilizada no setor agrícola para o tratamento de água (controle de algas) e na preservação de madeira, couro e tecido.

Grande parte dos microrganismos necessitam de cobre, esse elemento é considerado um micronutriente para as plantas, essencial em alguns processos vitais, como por exemplo, a fotossíntese. No entanto, quando em excesso ou com deficiência, prejudica os processos biológicos de biossíntese de clorofila, respiração celular, e o desenvolvimento da planta, causando reações negativas, desde a germinação até a fase adulta (HANSEL, 2021).

Em altos níveis, o cobre torna-se tóxico e a superexposição ao metal interfere no processo de germinação, inibindo-a e causando uma série de alterações, como por exemplo,

a possível alteração do DNA, oxidação de proteínas, danos às membranas plasmáticas (ROSNIECEK, 2020), assim como, a emissão da raiz e a parte aérea da planta. Quando em excesso causa sintomas de clorose, necrose, nanismo e inibição do crescimento das raízes, possuem biomassa reduzida, estresse oxidativo e imobilização do elemento nas paredes (YRUELA, 2005).

Um estudo realizado por Brito (2021) avaliando o efeito do óxido nítrico (NO) como atenuador de cobre (Cu) nas dosagens de 0, 100 e 200 μM (Tabela 3), observaram que a concentração de 200 μM de Cu causou uma elevação nos teores de prolina no sistema radicular e também reduziu a massa seca da raiz. Resultados semelhantes foram encontrados por Caires et al. (2012) em seu estudo com mudas de cedro-rosa expostas a solo contaminado por Cobre (Cu) em dosagens de 0, 60, 80, 100 e 500 mg kg^{-1} , sendo verificado uma grande produção de matéria seca até as concentrações de 100 mg kg^{-1} , seguindo da diminuição do desenvolvimento na das dosagens maiores.

Tabela 3. Valores de referência de Cu em comparação aos encontrados na literatura.

Planta	Metal	Valor de referência pelo Conama	Valor encontrado na literatura	Referência
Milho (<i>Zea mays</i> L.)	Cobre	60 mg/kg	0, 100 e 200 μM	Brito (2021)
Cedro-rosa	Cobre	60 mg/kg	0, 80, 100, 500 mg kg^{-1}	Caires et al. (2012)

2.1.4 Atuação do Cromo (Cr) na planta

O cromo (Cr) é um metal pesado de transição, sendo o 21º dentre os elementos mais comuns na crosta terrestre, foi descoberto em 1765, na Rússia, por P.S Pallas e isolado alguns anos depois, em 1797, pelo químico Louis-Nicholas (PIRES, 2010). Possui número atômico 24, massa atômica 52u e encontra-se no grupo 6 da Tabela Periódica (SOUSA, 2018).

A origem, a absorção pelas plantas, a atuação na planta, a forma de absorção e de ocorrência do cromo são apresentados no mapa mental da figura 4.

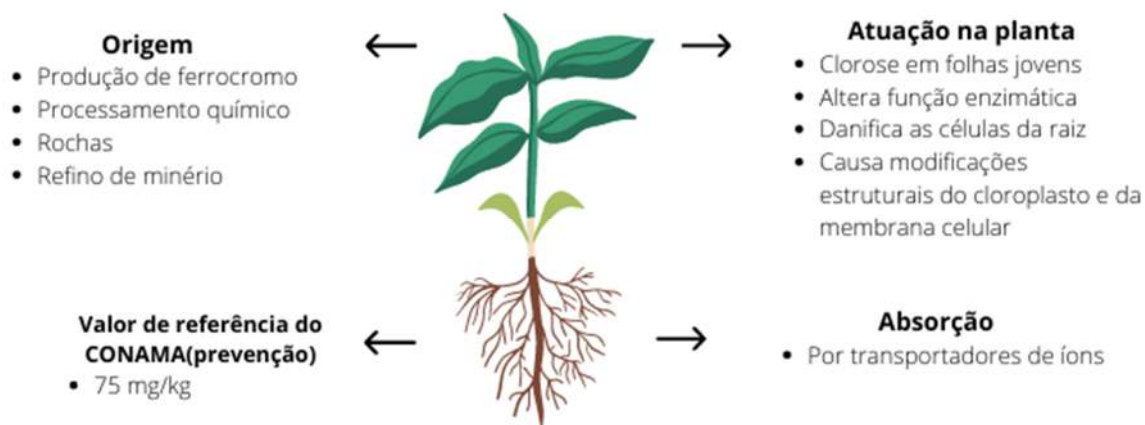


Figura 4. Mapa mental sobre Cr.

Esse elemento não é encontrado livre na natureza, estando comumente associado a outros elementos químicos, em destaque o oxigênio (ABREU, 2006). Por estar ligado ao ferro, o cromo se torna altamente solúvel e com uma variabilidade de estágios de oxidação, sendo os principais o cromo trivalente (III) e hexavalente (VI) (OLIVEIRA, 2013). Tais variações ocorrem respectivamente, de forma natural no meio ambiente e produzida através de processos industriais. Sua toxicidade também varia de acordo com o tipo (SOUSA, 2018), o cromo (III), por exemplo, possui uma mobilidade reduzida e baixa solubilidade e está ligado a matéria orgânica do solo e ambientes aquáticos, já o cromo (VI) é mais tóxico devido a sua alta mobilidade em meio aquífero e alta solubilidade (SILVA, 2020).

Pode ser encontrado em todo o meio ambiente: no solo, ar, água, em erupções vulcânicas, entre outros. Esse elemento compõe cerca de 40 a 50% de um minério, denominado cromita, sendo essa a sua principal fonte natural e abundante de cromo (SILVA, 2001). Entretanto, assim como o cádmio, a predominância do cromo no ambiente é consequência de ações antropogênicas.

Quando presente em excesso, prejudica várias etapas de desenvolvimento das plantas. Causa a redução do crescimento; induz a clorose nas folhas jovens; altera a função enzimática; as folhas menores adquirem uma coloração vermelho-amarronzada ou púrpura; danifica células da raiz provocando lesões necróticas e injúrias e causa modificações estruturais do cloroplasto e da membrana celular (PANDA, 2005).

Avaliando o potencial de bioacumulação de cromo sob dosagens de 0, 18, 36 e 72 mg kg⁻¹ em plantas de girassol, Costa (2021) verificou um decréscimo significativo na biomassa

das plântulas com as crescentes dosagens de Cr, e altas concentrações nos tecidos vegetais das folhas se tornando tóxico nas dosagens de 72 mg kg⁻¹ (Tabela 4). O autor também observou no óleo extraído dessas plantas o mesmo teor de metal analisado nas plantas se tornando nessas condições impróprio para o uso humano.

Tabela 4. Valor de referência de Cr em comparação aos encontrados na literatura.

Planta	Metal	Valor de referência	Valor encontrado na literatura	Referência
Girassol (<i>Helianthus annuus</i> L.)	Cromo	75 mg/kg	0, 18, 36 e 72 mg Kg ⁻¹	Costa (2021)

Diante do exposto, os metais pesados são encontrados em diversas quantidades no solo, abaixo encontram-se os valores orientadores para solo, segundo o Conama (2009) (Tabela 5).

Tabela 5. Valores de referência de metais pesados no solo.

Elementos	Prevenção	Agrícola AP-máx	Residencial	Industrial
Cádmio	1,3 mg/kg	3,0 mg/kg	8,0 mg/kg	20 mg/kg
Arsênio	15 mg/kg	35 mg/kg	55 mg/kg	150 mg/kg
Cobre	60 mg/kg	200 mg/kg	400 mg/kg	600 mg/kg
Cromo	75 mg/kg	150 mg/kg	300 mg/kg	400 mg/kg

Fonte: CONAMA (2009).

2.2. EFEITO DOS METAIS PESADOS NAS TROCAS GASOSAS

Os metais pesados quando entram em contato com as plantas podem diminuir a pressão parcial de CO₂ nos estômatos, havendo um decréscimo na concentração e na condutância estomática, ocorrendo assim o fechamento dos estômatos, diminuindo assim a transpiração afetando consequentemente a atividade da Rubisco (HASANUZZAMAN et al., 2013). Nogueira (2018) concluiu em seu estudo em plantas de paricá que todas as doses

aplicadas (178 μ M 356 μ M; 534 μ M; 712 μ M CdCl₂) afetaram negativamente as trocas gasosas e o crescimento.

Segundo Leita et al. (1995), quando o acúmulo de metais for superior ao que a planta consegue suportar, vai ser provocado o fechamento dos estômatos devido ao acréscimo no potencial osmótico das folhas, altas dosagens que vão afetar o crescimento das raízes limitando assim a absorção de água, levando ao um decrescimento metabólico seguindo na perda do inchaço das folhas.

Ainda são necessárias mais pesquisas para que se possa compreender como os diferentes tipos de metais pesados afetam as trocas gasosas das plantas. As respostas ajudarão a elaboração de estratégias capazes de manter as plantas mais tempo em ambiente contaminado por metais. Além disso, os estudos podem ajudar a montar um bando de dados sobre quais espécies toleram determinados metais e em quais dosagens.

2.3. EFEITO DOS METAIS PESADOS NO METABOLISMO DO CARBONO

O carbono está presente na natureza se instituindo em compostos orgânicos que se fazem presente nas plantas e nos animais, elementos inorgânicos, rochas e minerais, fazendo-se presente no ciclo biogeoquímico, onde o carbono é constantemente transmitido pela crosta terrestre, pela água e pelo ar (FROTA et al., 2019). E está presente na crosta em forma de petróleo, carvão e diversos carbonatos (FROTA et al., 2019).

O carbono encontra-se em pequenas quantidades na atmosfera, porém é de grande importância na fotossíntese, que sob a luz solar elas absorvem o CO₂ do ar atmosférico, produzem O₂ e hidratos de carbono em forma de açúcares, sendo absorvidas nas partes verdes das plantas como também por algas marrons e azuis totalizando cerca de 15% de CO₂ presentes na atmosfera (FROTA et al., 2019).

Assim sendo, os metais pesados quando entram em contato com as plantas, a exemplo do Cd (Cádmio) é absorvido e fica retido nos tecidos vegetais das folhas sendo compartilhadas entre as células impossibilitando a fisiologia da planta, o desenvolvimento e o equilíbrio homeostático (MERCÊS et al., 2018). Os efeitos desses metais pesados são prejudiciais para as plantas podendo mudar sua anatomia e fisiologia (PEREIRA, 2013).

Um estudo feito por Mercês et al. (2018) relacionado ao metabolismo do carbono em mudas de Paricá sob quatro dosagens crescente de cádmio (178 μ M, 356 μ M, 534 μ M e 712 μ M) observaram que com o aumento das dosagens, aumentava de forma proporcional às concentrações de açúcares redutores nas folhas. Sendo são analisados para estimar a

resposta da planta em relação às condições de estresse (SOUZA et al., 2013). Para os mesmos autores, os açúcares redutores nas raízes apresentaram baixas concentrações, resultado do estresse causado pelo Cd^{+2} que dificultou o fornecimento desse açúcar para a raiz.

Os carboidratos solúveis e totais, apresentaram crescimento linear nas folhas e um decrescimento linear no sistema radicular, observando-se assim, que não houve diferença nas folhas e caule, e sim uma maior concentração na raiz sob as concentrações de Cd (MERCÊS et al., 2018). Nesse período, nota-se que essa intervenção no metabolismo de carboidratos é uma conclusão natural das plantas frente às diferentes dosagens dos metais pesados (ZHAO et al., 2011; WANG et al., 2012).

2.4. EFEITO DOS METAIS PESADOS NO METABOLISMO DO NITROGÊNIO

O nitrogênio (N_2) é um elemento fundamental para os seres vivos, entretanto, não se encontra de forma abundante na crosta terrestre, pois é apresentado na forma de nitrato, no qual são solúveis em água e despejados no mar, rios e lagos quando chove (FROTA et al., 2019). Para esses autores, mesmo o N_2 (nitrogênio) estando contido em grande quantidade na atmosfera, apenas alguns microrganismos conseguem absorver em sua fórmula molecular.

Um estudo feito mostrou como a espécie *Schizolobium amazonicum* (Paricá) se comportou a diferentes concentrações de níquel, ressaltando que em pequenas quantidades o níquel é absorvido como cátion bivalente (Ni^{+2}) que contribui para seu desenvolvimento, porém, em grandes quantidades pode ser tóxico para as plantas, levando a morte celular (NEVES et al., 2017).

O estudo realizado por Rosa (2021) a respeito do metabolismo do nitrogênio em plantas de Paricá expostas a solo contaminado por níquel verificaram o nitrato, não foi afetado nas folhas, exceto nas dosagens de 200 e 600 $\mu\text{M/L}$, e, no sistema radicular a partir das dosagens de 200 $\mu\text{M/L}$, quando comparado às plantas controle. De acordo com a autora, o amônio livre teve uma diferença significativa em relação às plantas controles, entretanto, na raiz houve uma redução do amônio conforme seu aumento. Rosa (2021) também identificou nos aminoácidos solúveis totais uma redução nas folhas nas dosagens de 800 $\mu\text{M/L}$ como também constatou que a prolina e a glicina-betaína na folha foram elevados à medida que as dosagens de níquel aumentavam.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Portanto, apesar do alto teor de contaminação, determinadas espécies conseguem permanecer em solo contaminado por metais, pois apresentam certa resistência, além de usarem os metais absorvidos em benefício próprio, ainda promovem a regeneração do local tratado. Alguns metais são essenciais para o desenvolvimento e crescimento das plantas, porém, quando apresentados em altas quantidades podem alterar o metabolismo dos vegetais, seus processos fisiológicos, trocas gasosas e consequentemente o desenvolvimento e sobrevivência da planta. O estudo comportamental dos indivíduos afetados é fundamental para que possam ser aplicadas técnicas de descontaminação do ambiente, no geral. *anisopliae* são importantes alternativas para o controle biológico dos triatomíneos. No entanto, com base nas informações apresentadas, demonstrou-se que o uso desses micoinseticidas deve ser revisado antes da sua aplicação pelos programas de controle de vetores, uma vez que fatores bióticos e abióticos, bem como interação com inseticidas e tripanossomatídeos podem influenciar na ação dos fungos e, consequentemente, na mortalidade dos insetos vetores da DC.

4. REFERÊNCIAS

ABREU, L.B. de. **Especiação química de arsênio em samambaia utilizando espectrometria de massas com ionização ambiente.** (Tese) Doutorado - Curso de ciências exatas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016.

ABREU, M.A. de. **Reciclagem do resíduo de cromo da indústria do curtume como pigmentos cerâmicos.** (Tese) - Curso de Engenharia de materiais, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

ANDREAZZA, R. **Fitorremediação de áreas contaminadas com cobre utilizando plantas de mamona.** Salão de ensino, pôster virtual, Porto Alegre, RS, outubro de 2011.

BARBOSA, P.A. **Efeitos do arsênio em plântulas de *Cajanus cajan* (L.) DC (Fabaceae).** (Dissertação) Mestrado do programa de pós-graduação em Botânica da Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2009.

BRITO, A.E. de A. **Oxido nítrico como atenuador da toxicidade de cobre na emergência, crescimento inicial, nutricional e parâmetros ecofisiológicos em milho.** (Tese) Doutorado em Agronomia - Universidade federal rural da Amazônia. Belém, Pará, 2021.

CAIRES, S.M. de; FONTES, M.P.F.; FERNANDES, R.B.A.; NEVES, J.C.L.; FONTES, R.L.F. Desenvolvimento de mudas de cedro-rosa em solo contaminado com cobre: tolerância e potencial para fins de fitoestabilização do solo. **Revista Árvore**, v.35, n.6, p.1181-1188, 2011.

CETESB. **Cádmio e seus compostos**. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/laboratorios/wp-content/uploads/sites/24/2022/02/Cadmio.pdf>>. Acessado em: 01 de fevereiro de 2023.

CETESB. **Valores orientadores para solo e água subterrânea no estado de SÃO PAULO**. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/solo/wp-content/uploads/sites/18/2013/12/VO-2014.pdf>>. Acessado em: 01 de fevereiro de 2023.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE CONAMA. **Resolução CONAMA Nº 420/2009**.

COSTA, S.; VICENTE, M.G.; GOMES, V.; ARANA, A.R.A.; ULIANA, M. Avaliação do potencial de bioacumulação de cromo em plantas de girassol. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v.14, n.2, p.515-522, 2021.

ESTRELA, M.A.; CHAVES, L.H.G.; SILVA, L.N. Fitorremediação como solução para solos contaminados por metais pesados. **Revista Ceuma Perspectivas**, v.31, n.1, p.160-172, 2018.

FROTA, E.B.; VASCONCELOS, N.M.S. de. **Química: química ambiental**. 2º ed. Ceará: EdUECE, 2019.

HANSEL, F.D.; RODRIGUES, M.; ZABINI, A.; ZAVASCHI, E. **Nutrição mineral como aliada das plantas na tolerância a estresses ambientais**, 2021.

HASANUZZAMAN, M.; NAHAR, K.; ALAM, M.M.; FUJITA, M. **Adverse Effects of Cadmium on Plants and Possible Mitigation of Cadmium-Induced Phytotoxicity**. Capítulo 1 em Cadmium: Characteristics, Sources of Exposure, Health and Environmental Effects. (pp. 1-48). Ed. Mirza Hasanuzzaman & Masayuki Fujita. Nova Science Publishers, Inc. Nova Iorque. EUA.2013.

JUNIOR, A. da S.A. et al. Plantas medicinais e fitoterápicos regulamentados no Brasil: risco de toxicidade por metais pesados. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, v.11, n.1, p.e39111124994-e39111124994, 2022.

LEITA, L., MARCHIOL, L., MARTIN, M., PERESSOTTI, A., DELLE VEDOVE, G., ZERBI, G. Transpiration dynamics in cadmium-treated soybean (*Glycine max* L.) plants. **Journal Agronomy Crop Science**, v.175, n.3, p.153-156, 1995.

LONGO, R.M. et al. Atributos químicos e metais pesados em solos de remanescentes florestais urbanos. **Revista Cerrados (Unimontes)**, v.18, n.02, p.183-207, 2020.

MELO, R.F. de; DIAS, L.E.; ASSIS, I.R. de. Potencial de espécies de leguminosas para recuperação de solo contaminado por arsênio. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.8, n.3, 2015.

MERCÊS, J.; NOGUEIRA, G.A.S.; BRITO, A.E.A.; NASCIMENTO, V.R.; OLIVEIRA NETO, C.F. Metabolismo do carbono em mudas de paricá *Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke Submetidas a doses crescentes de cádmio. **III Congresso internacional das ciências agrárias COINTER-PDVAGRO**. 2018.

MERLINO, L.C.S. **Bário, cádmio, cromo e chumbo em plantas de milho e em Latossolo que recebeu lodo de esgoto por onze anos consecutivos**. (Dissertação) Mestrado - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2010.

NEGRÃO, L.M.V.A **Fitorremediação e seus mecanismos em plantas submetidas à metais pesados: Uma Revisão de Literatura**. 2022.

NEVES, O.S.C. et al. Adição de níquel na solução nutritiva para o cultivo de mudas de umbuzeiro. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.31, n.17, p.485-490, 2017.

NOGUEIRA, G.A. dos S. **Trocas Gasosas, Crescimento e Comportamento Bioquímico em Plantas Jovens de Paricá (*Schizolobium Amazonicum* Huber ex Ducke) em Diferentes Concentrações de Cádmio**. (Tese) Pós-graduação em ciências florestais - Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2018.

OLIVEIRA, R.F. **Estudo da adsorção de cromo hexavalente em altas concentrações**. (Dissertação) Mestrado em Engenharia Química- Centro universitário do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil, 2013.

OLIVEIRA SOUSA, V.F.; SANTOS, G.L. dos. Elemento cromo na nutrição mineral de plantas. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v.16, n.2, p.1-7, 2018.

PAIS, A.R.; DINA, L.N.; ALVES, E.R.; REZENDE, H.C.; SILVA, L.A.; ALVES, V.A. Determinação de cádmio em bijuterias oriundas da China. **Química Nova**, v.41, p.1218-1225, 2018.

PANDA, S K.; CHOUDHURY, S. Estresse de cromo em plantas. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.17, p.95-102, 2005.

PEREIRA, A.C.C. et al. Comportamento da *Cordia africana* Lam. cultivada em solo contaminado por metais pesados e tratado com materiais amenizantes. **Ciência Florestal**, v.23, p.329-336, 2013.

PIRES, K.A. **Efeitos de diferentes fontes e concentrações de cromo sobre aspectos metabólicos e desempenho em tilápias do nilo (*oreochromis niloticus*)**. (Dissertação) Mestrado em Escola de Veterinária -Centro universitário de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

RAMOS, M.G.M.; GERALDO, L.P. Avaliação das espécies *avicennia*, *lagunia racemosa* e *rhizophora mangle* como bioindicadoras de plantas de abastecimento por metais em ambientes de mangues. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v.12, n.4, p.440-445, 2007.

RENER, C.N.S. et al. Caracterização do elemento químico arsênio e a biorremediação de solos contaminados. **Diversitas Journal**, v.7, n.2, p.652-667, 2022.

RIGUETTI, P.F.; CARDOSO, C.A.L.; Cavaleiro, A.A.; LENZI, E.; FIORUCCI, A.R.; SILVA, M.S. Manganês, zinco, cádmio, chumbo, mercúrio e crômio no chorume de aterro sanitário em Dourados, MS, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, v.10, n.1, p.153-163, 2015.

ROSA, B.N.M.S. **Metabolismo do nitrogênio em plantas de paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke) Submetidos em diferentes concentrações de níquel.** (TCC) Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Florestal - Campus Universitário de Belém, Universidade Federal Rural Da Amazônia, Belém, 2021.

ROSNIECEK, K.S. et al. Germinação de espécies forrageiras na presença de cádmio, cobre e chumbo. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v.19, n.3, p.270-277.

SALDANHA, V.J. dos S. **Potencial fitorremediador e alterações nutricionais em mudas de Pau-pretinho (*Cenostigma tocanthum* Ducke) submetidas a dosagens de cádmio.** (TCC) Trabalho de conclusão de curso de engenharia florestal – Universidade Federal Rural da Amazônia, 2021.

SANTANA FILHO, S. **Distribuição de arsênio e oxidação de materiais sulfetados de áreas de mineração de ouro no estado de Minas Gerais.** (Tese) Mestrado em Ciências Agrárias - Centro universitário Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, 2005.

SILVA, C.S.; PEDROZO, M. de F.M. Ecotoxicologia do cromo e seus compostos. 2001.

SILVA, L.A. et al. Cobre: produção industrial e aplicações. **Química Nova**, v.42, p.1154-1161, 2020.

SILVA, L.T.M. de S. **Retenção e mobilidade de zinco e cromo num solo aluvionar do Alto do Capibaribe.** (Dissertação) Mestrado em Agronomia - Universidade Federal de Pernambuco, Pernambuco, 2020.

SILVA, T.J.; HANSTED, F.; TONELLO, P.S.; GOVEIA, D. Fitorremediação de solos contaminados com metais: Panorama atual e perspectivas de uso de espécies florestais. **Revista Virtual de Química**, v.11, n.1, p.18-34, 2019.

SINGH, H.P.; BATISH, D.R.; KOHLI, R.K.; ARORA, K. Arsenic-induced root growth inhibition in mung bean (*Phaseolus aureus* Roxb.) is due to oxidative stress resulting from enhanced lipid peroxidation. **Plant Growth Regulation**, v.53, p.65-73, 2007.

SOUZA, A.K.R. et al. Poluição do ambiente por metais pesados e utilização de vegetais como bioindicadores. **Acta Biomedica Brasiliensia**, v.9, n.3, p.95-106, 2018.

SOUZA, E.R. et al. Variação de carboidratos em folhas da videira 'Itália' submetida a diferentes de níveis de desfolhas. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.8, n.4, p.535-539, 2013.

SOUZA, W.B. de. **Análise da presença dos metais cobre, alumínio, ferro e zinco em slime.** (TCC) Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Paraná, 2021.

VOLKE, T.; VELASCO, J.A.; ROSA, D.A. et al. Suelos contaminados por metales y metaloides: muestreo y alternativas para su remediación. **Revista Mexicana de Ciencias Florestales**, México, 2010.

WANG, Y.; HU, H.; ZHU, L.Y.; LI, X.X. Response to nickel in the proteome of the metal accumulator plant *Brassica juncea*. **Journal of Plant Interactions**, v.7, p.230-237, 2012.

YRUELA, I. Copper in plants. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.17, p.145-156, 2005.

ZHAO, F.J.; MA, J.F.; MEHARG, A.A.; MCGRATH, S.P. Arsenic uptake and metabolism in plants. **New Phytologist**, v.181, p.777-794, 2009.

ORGANIZADORA

Naila Fernanda Sbsczk Pereira Meneguetti



Graduada em Sistemas de Informação pelo Centro Universitário Luterano de Ji-Paraná - CEULJI/ULBRA (2008), Graduada em Gestão Financeira pelo UNISEB (2013), Especialista em Didática e Metodologia do Ensino Superior (2009), Mestre em Administração pela Universidade Federal de Rondônia - UNIR (2014) e Doutora em Biodiversidade e Biotecnologia na Amazônia pela Universidade Federal do Acre - UFAC (2020).

ÍNDICE REMISSIVO

A

Adolescência: 7, 8, 13,14

Alterações Anatômicas: 32, 35, 36, 37

Alterações Fisiológicas: 34,41, 47

Alterações Morfológicas: 32, 34, 40

Aprendizagem Escolar: 17

E

Escola: 7, 10, 15, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 25, 26, 30

F

Ferramentas Educacionais: 17

I

Imagem Corporal: 7, 8, 9, 13, 14

M

Metabolismo Vegetal: 47

Metal: 32, 33, 35, 36, 37, 38, 40, 41, 42, 47, 48, 49, 51, 52, 53, 54, 56

S

Satisfação: 7, 10, 13, 14, 15

T

Tecnologias da Informação e Comunicação: 17, 18, 20



DOI: 10.35170/ss.ed.9786586283921