

Ariadna Faria Vieira
Leonardo França da Silva
Victor Crespo de Oliveira
(Organizadoras)

MEDIO AMBIENTE:

Agricultura, desarrollo y sustentabilidad

3



Atena
Editora

Ano 2023

Ariadna Faria Vieira
Leonardo França da Silva
Victor Crespo de Oliveira
(Organizadoras)

MEDIO AMBIENTE:

Agricultura, desarrollo y sustentabilidad

3



Atena
Editora

Ano 2023

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Camila Alves de Cremo

Ellen Andressa Kubisty

Luiza Alves Batista

Nataly Evilin Gayde

Thamires Camili Gayde

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2023 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2023 Os autores

Copyright da edição © 2023 Atena

Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena

Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial**Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano

Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras

Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará

Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás

Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria

Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Edevaldo de Castro Monteiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Renato Jaqueto Goes – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Medio ambiente: agricultura, desarrollo y sustentabilidade 3

Diagramação: Ellen Andressa Kubisty
Correção: Maiara Ferreira
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizadores: Ariadna Vieira
 Leonardo França da Silva
 Víctor Crespo de Oliveira

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)	
M491	Medio ambiente: agricultura, desarrollo y sustentabilidade 3 / Organizadores Ariadna Vieira, Leonardo França da Silva, Víctor Crespo de Oliveira. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2023. Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-65-258-1735-4 DOI: https://doi.org/10.22533/at.ed.354230409 1. Medio ambiente. I. Vieira, Ariadna (Organizador). II. Silva, Leonardo França da (Organizador). III. Oliveira, Víctor Crespo de (Organizador). IV. Título. CDD 577
Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166	

Atena Editora
 Ponta Grossa – Paraná – Brasil
 Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

La colección “Medio Ambiente: Agricultura, desarrollo y sustentabilidad 3”: obra que tiene como eje principal la discusión científica a través de diversas obras que componen sus capítulos. La propuesta del E-book busca exponer diferentes contenidos vinculados al tema ambiental dispuestos en los 4 capítulos, trayendo a colación el tema contemporáneo de la sustentabilidad y la acción directa del ser humano en la responsabilidad y creación de estrategias para el desarrollo del medio ambiente en su conjunto. El volumen abordará, de manera categorizada e interdisciplinaria, trabajos, investigaciones, relatos de casos y/o reseñas que transitan en las diversas áreas del medio ambiente y la sostenibilidad.

Cabe mencionar que la sostenibilidad está ligada a la creciente demanda de avance mundial, debido al surgimiento de la necesidad de ampliar estudios que presenten alternativas para el uso de los recursos presentes en el medio ambiente de manera responsable, sin comprometer los bienes y sistemas involucrados. Buscando minimizar impactos, desarrollar la responsabilidad ambiental y fortalecer el crecimiento sostenible. Pensar en el desarrollo combinado con la sostenibilidad involucra aspectos económicos, sociales y culturales.

De esta manera, el trabajo “Medio Ambiente: Agricultura, Desarrollo y Sostenibilidad 3” presenta los fundamentos de la teoría obtenida en la práctica por los autores de este libro electrónico, ya sean docentes, académicos e investigadores que arduamente desarrollaron sus trabajos que serán Se presenta aquí de forma concisa y didáctica. La importancia de este espacio de divulgación científica demuestra el compromiso y estructura de Atena Editora, que nos proporciona una plataforma consolidada y confiable para que los investigadores expongan y difundan sus resultados.

Los autores esperan contribuir con contenidos relevantes para brindar asistencia técnica, científica y constructiva al lector, así como demostrar que la sostenibilidad es una herramienta importante, convirtiéndose en una aliada del crecimiento. En esta perspectiva, Atena Editora viene trabajando para estimular e incentivar cada vez más investigadores de Brasil y de otros países a publicar sus trabajos con garantía de calidad y excelencia en forma de libros, capítulos de libros y artículos científicos.

¡Buena lectura!

Ariadna Vieira, Leonardo França da Silva
Víctor Crespo de Oliveira

CAPÍTULO 1 1**AGRICULTURA 4.0 – INOVAÇÃO, CONCEITO E APLICAÇÕES**

Leonardo França da Silva

Marcos Antônio Pereira da Fonseca Maltez

Victor Crespo de Oliveira

Ana Carolina Chaves Dourado

Érika Manuela Gonçalves Lopes

Rodrigo Sebastião Machado de Freitas

Isabely Cristina Lourenço dos Santos

Laura Thebit de Almeida

Matheus Mendes Reis

Fabiane de Fátima Maciel

Irene Menegali

Ariadna Faria Vieira

<https://doi.org/10.22533/at.ed.3542304091>**CAPÍTULO 2 15****“UMA PIRRALHA FALA QUALQUER BESTEIRA”: GRETA THUNBERG E A FUNDAMENTAÇÃO CIENTÍFICA NOS DISCURSOS**

Roselaine Tereza Piber

Igor Binotto Benetti

Vanessa Lazzaretti Picoletto

José Geraldo Wizniewsky

<https://doi.org/10.22533/at.ed.3542304092>**CAPÍTULO 3 27****LOS HIDROCARBUROS AROMÁTICOS POLICÍCLICOS EN EL PARTICULADO ATMOSFÉRICO: EL CASO DE LA CIUDAD DE PUEBLA**

Amado Enrique Navarro Frómata

<https://doi.org/10.22533/at.ed.3542304093>**CAPÍTULO 4 43****METODOLOGÍA DE PRESUPUESTACIÓN DE SOFTWARE BASADO EN OBJETIVOS**

Luis Alberto Derico

<https://doi.org/10.22533/at.ed.3542304094>**SOBRE OS ORGANIZADORES 55****ÍNDICE REMISSIVO 56**

AGRICULTURA 4.0 – INOVAÇÃO, CONCEITO E APLICAÇÕES

Data de aceite: 01/09/2023

Leonardo França da Silva

Universidade de Federal Viçosa
Viçosa – Minas Gerais (Brasil)
<https://orcid.org/0000-0002-9710-8100>

Marcos Antônio Pereira da Fonseca Maltez

Universidade Federal Rio Grande do Sul
Porto Alegre – Rio Grande do Sul
<https://orcid.org/0000-0003-0941-8051>

Victor Crespo de Oliveira

Universidade Estadual Paulista – UNESP
Botucatu – São Paulo (Brasil)
<https://orcid.org/0000-0003-2719-9972>

Ana Carolina Chaves Dourado

Universidade Federal de Viçosa-
Viçosa – Minas Gerais (Brasil)
<https://orcid.org/0000-0002-1106-1349>

Érika Manuela Gonçalves Lopes

Universidade Federal de Minas Gerais
Montes Claros – Minas Gerais (Brasil)
<https://orcid.org/0000-0002-7518-8955>

Rodrigo Sebastião Machado de Freitas

Universidade Federal de Viçosa
Viçosa – Minas Gerais (Brasil)
<https://orcid.org/0009-0005-0503-1505>

Isabely Cristina Lourenço dos Santos

Universidade Federal de Viçosa
Viçosa – Minas Gerais (Brasil)
<https://orcid.org/0000-0002-6937-6810>

Laura Thebit de Almeida

Instituto Federal de Minas Gerais
Januária - Minas Gerais (Brasil)
<https://orcid.org/0000-0002-4501-134X>

Matheus Mendes Reis

Instituto Federal do Norte de Minas Gerais
(IFNMG)
Januária - Minas Gerais (Brasil)
<https://orcid.org/0000-0003-2100-2438>

Fabiane de Fátima Maciel

Universidade de Federal Viçosa
Viçosa – Minas Gerais (Brasil)
<https://orcid.org/0000-0002-7117-6965>

Irene Menegali

Universidade Federal de Minas Gerais
Montes Claros – Minas Gerais (Brasil)
<https://orcid.org/0000-0001-5323-4693>

Ariadna Faria Vieira

Universidade Estadual do Piauí
Uruçuí- Piauí (Brasil)
<https://orcid.org/0000-0002-1185-4269>

RESUMO: Os avanços tecnológicos advindos do mundo globalizado têm provocado mudanças na agricultura. A chamada agricultura 4.0 está fortemente relacionada às inovações tecnológicas que aparecem com o objetivo de aumentar a autonomia, produtividade e sustentabilidade dos negócios rurais. Através de ferramentas diversas e com o auxílio de tecnologias já difundidas em outros setores, como: Big Data, IoT, Inteligência Artificial, Sensores a agricultura 4.0 vem ganhando espaço no cenário Brasileiro e Mundial. O presente trabalho tem como objetivo abordar o fenômeno da agricultura 4.0 no Brasil e Mundo, buscando entender o seu início, composição, aplicações e viabilidade prática no desenvolvimento de uma agricultura mais sustentável, produtiva e segura a partir de revisão de literatura. A literatura aponta muitos avanços e desafios envolvendo o tema, principalmente aqueles relacionados a custos, acessibilidade e confiança nas tecnologias, mas abre espaço para o desenvolvimento de empresas e tecnologias para o setor.

PALAVRAS-CHAVE: Geotecnologia, agricultura digital, agricultura de precisão.

ABSTRACT: Technological advances from the globalized world have caused changes in agriculture. The last call agricultural.0 is advanced to the technological innovations of generation4, which appear with the objective of increasing autonomy, productivity and rural businesses. Through different tools and with the help of technologies already widespread in other sectors, it comes as: Big Data, IoT, Artificial space, Sensors agriculture 4.0 comes with intelligence in the Brazilian and World scenario. The objective is to approach the phenomenon of agriculture 4.0 in Brazil and the world, seeking to safely understand its beginning, composition, applications and practice in the development of a more sustainable, productive and working agriculture from the literature review. Works related to many advances and open space for the theme, mainly related to accessibility and trust in technologies, but with the sector of companies and technologies.

KEYWORDS: Geotechnology, digital agriculture, precision agriculture.

INTRODUÇÃO

A agricultura é uma das atividades mais antigas e fundamentais da humanidade, estudos indicam que a técnica de domesticação de plantas teve seu início há mais de 12 mil anos. Responsável por alimentar populações rurais e urbanas, a agricultura se desenvolveu com o passar dos anos, aprimorando técnicas e ferramentas, desenvolvendo materiais genéticos e se adaptando às intempéries do clima, solo e condições edafoclimáticas de diferentes regiões do mundo.

Nas últimas décadas, a agricultura tem se mostrado cada vez mais importante no cenário mundial, sendo responsável pela produção de alimentos e tendo importância na geração de superávits e empregos. As projeções das Nações Unidas apontam que em 2050 o planeta atingirá uma população total de 9,7 bilhões de pessoas, o que aumentará a demanda de produção de alimentos em aproximadamente 70%. Em conjunto ao aumento da demanda, o setor ainda enfrenta outro risco, as mudanças climáticas que preveem alterações nas condições meteorológicas de todas as regiões do planeta (Marin, 2016).

Dentro desse cenário mundial, o Brasil tem se tornado referência na produção agrícola, sendo hoje um dos principais produtores de alimentos do mundo. Internamente, o agronegócio é um dos principais segmentos econômicos do Brasil, sendo responsável pela criação de 9 milhões de empregos, superávit econômico de 61,2 bilhões de dólares e por representar 27,4% do PIB brasileiro em 2021 (SMALCI, 2021).

Como todo segmento econômico e produtivo a agricultura brasileira e mundial vem passando por diferentes evoluções e ciclos de desenvolvimento. Trazendo um breve resumo histórico, a agricultura pode ser dividida em: agricultura 1.0 que foi marcada pelo início da utilização de tração animal, posteriormente, surgiu a agricultura 2.0 que foi marcada pelo uso de motores a combustão, insumos químicos e conhecimento científico sobre agricultura, passando para a agricultura 3.0 com os sistemas de orientação via satélite e agricultura de precisão, já a agricultura 4.0 representa a interação digital das atividades, com integração de informação dos diferentes setores e processos agrícolas (Santos et al, 2019).

O termo 4.0 teve seu início nas indústrias, buscando conceituar as evoluções tecnológicas no setor, principalmente pelo desenvolvimento e uso de tecnologias de ponta para produção de bens de consumo, como: *big data*, Internet das Coisas, Inteligência Artificial, sensores, geotecnologias, computação em nuvem, entre outros. Esse termo também é utilizado para caracterizar a chamada “quarta revolução”, onde os fatores tecnológicos são os responsáveis pelas mudanças nas estruturas de produtos, serviços e gestão de empresas (RIBEIRO et al, 2018).

O agronegócio também vem sendo alvo dessas transformações, diferentes empresas de tecnologia têm desenvolvido complexas soluções para as diferentes demandas dos agricultores e empresários rurais ao redor do mundo. Desde o sensoriamento remoto de pragas, doenças e solos, passando por sensores instalados a campo até softwares e inteligência artificial, essas diferentes ferramentas tem como intuito ajudar os produtores rurais a solucionar diferentes problemas (MASSRUHÁ; LEITE, 2017). O uso dessas tecnologias vem sendo impulsionado pelo cenário geopolítico cada vez mais desafiador (alta dos insumos, custos de produção e aumento da competitividade), dado que as empresas rurais se viram forçadas a trabalharem com maior tecnologia e controle de sua produção (FERNEDA, 2018).

Neste sentido, este trabalho tem como objetivo abordar o fenômeno da agricultura 4.0 no Brasil e Mundo, buscando entender o seu início, composição, aplicações e viabilidade prática no desenvolvimento de uma agricultura mais sustentável, produtiva e segura. Para isso, o trabalho utiliza de uma revisão de literatura sistemática de artigos, textos e revistas que abordam o tema, buscando também demonstrar resultados práticos de estudos já desenvolvidos. A pesquisa utilizou como bases de dados plataformas tradicionalmente conhecidas no meio científico nacional, como: Google Acadêmico, SciELO, Capes entre outras. No campo de busca, diferentes palavras chaves foram escolhidas, entre elas: Agricultura 4.0, Agribusiness, Tecnologia para Agricultura, Agronegócio 4.0 entre outras.

Agricultura 4.0: Conceitos e Tecnologias Disponíveis

O conceito da Agricultura 4.0 aborda as novas técnicas que envolvem tecnologias de ponta, como: uso hardwares e software de alto desempenho, sensores e máquinas de comunicação via lot ou satélite, integração entre máquinas, conectividade entre dispositivos e máquinas, big data e técnicas de leitura de grande banco de dados, ajudando a construir diferentes sistemas que auxiliam na tomada de decisões. Essas tecnologias estão sendo desenvolvidas e implementadas com o intuito de contribuir com o aumento dos índices de produtividade, melhorar a eficiência do uso de insumos, diminuir a necessidade de mão de obra na agricultura, melhorar a condição e a qualidade do trabalho rural e aumentar a sustentabilidade da cadeia (SILVA, 2020).

A agricultura 4.0 é caracterizada pela integração de diferentes tecnologias já existentes e utilizadas em outros setores, principalmente no sistema industrial, essas tecnologias vêm sendo adaptadas e validadas na agricultura. Entre as principais tecnologias é pertinente conceituar:

BIG DATA

O termo Big Data começou a ser utilizado a partir das décadas de 1960 e 1970, quando começaram a surgir as primeiras centrais de dados e com isso a necessidade de criação de bancos de análise. O termo traduz uma área do conhecimento que estuda e desenvolve como tratar, analisar e obter informações a partir de conjuntos de dados altamente complexos e grandes para serem tratados por sistemas tradicionais (SILVEIRA et al., 2015)

A tecnologia do Big Data pode ser descrita a partir da análise dos chamados 5 Vs (velocidade, volume, variedade, veracidade e valor), em que velocidade diz respeito a velocidade de captação e tratamento dos dados; volume representa a quantidade de dados coletados durante a amostra; variedade significa a diversidade dos dados coletados; veracidade prova a confiabilidade dos dados; e valor trata do que realmente esses dados trazem de agregam para a tomada de decisão (SAGIROGLU, 2013).

A utilização de análises Big Data requer um conjunto de diversas técnicas e abordagens, tais como: estatística, plataforma em nuvem, modelagens artificiais, processamento de imagens, entre outras. A utilização dessas ferramentas traz valor e permite ao gestor analisar de maneira sistemática um volume enorme de dados coletados em campo (PAULO; DUQUE, 2020).

O uso na agricultura é diverso, mas tem sido utilizado principalmente na seleção de variedades de cultivares mais adaptadas ao clima, para identificar falhas operacionais em tratos culturais como pulverizações, plantios e adubações. Outro uso corrente se dá em equipamentos ou sensores de máquinas e satélites que coletam, processam e enviam gigantescos bancos de dados com diferentes informações que são tratados e apresentados

de maneira resumida e de fácil entendimento. Uma melhor compreensão do clima de determinada região é uma das principais utilizações dessa tecnologia, principalmente pela armazenagem de dados, como: históricos de chuva, temperatura, umidade entre outras variáveis (PAULO; DUQUE, 2020).

INTERNET DAS COISAS

O termo Internet das Coisas, ou Internet of Things (*IoT*) em inglês, foi inicialmente desenvolvido pelo pesquisador e professor Kevin Ashton da MIT Auto Center, em uma apresentação da cadeia de suprimentos de uma grande companhia em 1999. Desde então o conceito aborda diferentes ferramentas que utilizam a rede mundial de computadores para se conectar e funcionar (Ashton, 2009)

A interconexão digital de diferentes produtos, serviços e objetos refere-se ao conceito de internet das coisas. A fusão existente entre o mundo real e o mundo digital – a partir de comunicações online – e interações *real time* também são características da tecnologia, que permite a integralização de diferentes objetos físicos, como: sensores, máquinas, mecanismos e ferramentas a softwares com o objetivo de conectar e trocar dados com outros dispositivos e sistemas utilizando a internet (PESSOA, et al 2016).

Na agricultura, a Internet das Coisas tem seu uso diverso, como na irrigação inteligente a partir de sensores conectados que auxiliam na tomada de decisão, no controle de pragas e doenças a partir de sistemas de leitura instalados em drones, na telemetria de máquinas e equipamentos que auxiliam na tomada de decisão operacional ou na robotização da agricultura com utilização de máquinas inteligentes, entre outros, sempre buscando aumentar a produtividade e sustentabilidade (COSTA et al, 2018).

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

A inteligência artificial é um termo conhecido entre a população, principalmente pelo seu uso nos cinemas e filmes de ficção científica. A origem do conceito remonta a década de 1950 nos Estados Unidos, e refere-se a capacidade de sistemas e máquinas de imitar a inteligência humana para realizar e resolver tarefas complexas e a partir disso se aprimorar interativamente com base nessas informações, ou seja, a partir das experiências que são expostas, a inteligência artificial consegue melhorar a sua eficiência (DAMACENO et al., 2018).

Considerada um ramo da ciência da computação, a inteligência artificial tem como objetivo central fazer com que os computadores, máquinas e softwares se comportem de maneira inteligente. O desenvolvimento da tecnologia envolve uma gama de variáveis que relaciona diferentes ciências, como a psicologia, biologia, lógica matemática, linguística, engenharia, filosofia, entre outras áreas científicas. Atualmente a tecnologia tem diferentes aplicações em diferentes setores, como: agricultura, química, sistemas de computadores,

eletrônica, engenharia, geologia, agricultura, robótica, indústria de alimentos, saúde, educação, aplicações militares etc (BARONE, 2003).

Na agricultura, tem sido utilizada principalmente para gerar e manipular dados de operações agrícolas, gerar estimativas de colheita e produtividade, realizar reconhecimento por imagens, prever condições climáticas, cruzar informações importantes de manejo de solos e pragas e também no desenvolvimento de veículos autônomos para diferentes aplicações na agricultura (MEIRELES, et al., 2019).

SENSORES E CONTROLADORES

Com sua criação inicial por volta da década de 1950, os sensores são equipamentos caracterizados pela sua capacidade de detectar estímulos físicos, químicos ou biológicos e a partir destes estímulos emitir respostas ou sinais para um controlador. Tem seu uso nas mais diversas áreas e segmentos e são fundamentais em processos de automatização de máquinas e equipamentos. Na agricultura seu uso é diverso e tem como destaque os sensores de umidade de solo, estações meteorológicas automáticas, medidores de PH e sensores mecânicos nas diferentes máquinas e estruturas do agro, que auxiliam no processo de administração de fazendas e tomada de decisão, visto que estão instalados em diferentes pontos e envia automaticamente informações para os gestores da fazenda (QUEIROZ, et al 2021).

COMPUTAÇÃO EM NUVENS

Esse termo se refere ao fornecimento de serviços de computação em nuvem, ou seja, serviços de servidores, sistemas de gestão, armazenamento, banco de dados entre outros via internet. Esse tipo de tecnologia é fundamental para a agricultura 4.0 visto que permite o armazenamento de dados sem a necessidade de investimento em estruturas de servidores físicos que demandam alto investimento e exigem mão de obra altamente especializada (SILVA, 2020).O resumo das principais tecnologias e aplicações na agricultura podem ser observadas na tabela abaixo:

TECNOLOGIA	APLICAÇÕES	APLICAÇÕES NA AGRICULTURA
Big Data	Análise de grandes bancos de dados;	Genéticas; Pesquisas;
Internet das Coisas	Interconexão Digital entre sistemas e objetos	Fertilização, pulverização e plantio de precisão
Inteligência Artificial	Aprendizagem e resolvimento de tarefas complexas	Manipulação de dados; Estimativas de produção Gestão Agrícola
Sensores	Deteccão remota de estímulos físicos, químicos e biológicos	Irrigação; Agrometeorologia; manutenção preventiva
Computação em Nuvens	Armazenamento de dados online	Armazenamento de dados agrícolas

Tabela 1: Resumo das principais tecnologias 4.0 e aplicações na agricultura

A utilização dessas tecnologias em conjunto e/ou de maneira separada na agricultura representa a nova revolução que vem acontecendo no campo. O fenômeno ultrapassa a visão do uso de máquinas e equipamentos agrícolas no campo, já que a principal influência desta tecnologia é que processos e decisões precisam ser orientados a partir de dados reais, disponíveis e de fácil acesso e entendimento por parte dos agricultores e técnicos (ANA; SORDI, 2020).

A rotina de trabalhos agropecuários depende constantemente de tomadas de decisões por parte do produtor ou gestor, já que, grande parte das decisões são estratégicas, demandam um certo grau de conhecimento e sempre envolvem investimentos. As tecnologias oferecem informações sobre a definição do problema e ajudam a estabelecer soluções e alternativas aos problemas enfrentados, o que torna a decisão mais assertiva e produtiva dentro das propriedades (BOLFE et al., 2021).

DESENVOLVIMENTO, DIFUSÃO E INVESTIMENTOS NA AGRICULTURA 4.0

O agronegócio como a maioria dos setores da economia vem se modernizando rapidamente, e isso aumenta a busca por resolver problemas que até então estavam desprovidos de soluções. Diferentes são os setores que vem financiando e desenvolvendo soluções inovadoras para o agronegócio, tais como: instituições públicas, privadas, empresas de defensivos, maquinários, sementes entre outras. Porém, um tipo de empresa ganhou destaque nesse segmento, as chamadas startups, que são empresas de negócios inovadores e com grande potencial de crescimento (LIMA; POZO; MAURI, 2018).

Essas empresas exploram áreas inovadoras de tecnologia de determinado setor e apresentam como características um crescimento acelerado, principalmente pelos investimentos de fundos especializados e empresas interessadas em possuir e participar da inovação que vem sendo desenvolvido (LONGHI, 2011). Na agricultura, esse tipo de negócio tem tido destaque nos últimos anos, distintas empresas estão desenvolvendo

soluções inovadoras para resolver diferentes problemas e agregar valor.

Grande parte dessas startups nascem dentro das chamadas incubadoras de empresas de base tecnológica – organizações que abrigam negócios em que os produtos, processos ou serviços que estão em desenvolvimento devem resultar em inovações de alto valor agregado –. Essas incubadoras estão presentes em boa parte das universidades federais do Brasil, empresas do ramo e também incubadoras privadas. Em geral, essas instituições têm como missão e valores incentivar novos desenvolvimentos de base tecnológica, para gerar desenvolvimento social e sustentável (LIMA; POZO; MAURI, 2018).

Segundo um levantamento feito em 2021 pela Associação Brasileira de Startups (Abstartups), atualmente o Brasil conta com 299 Agtechs (startups de serviço para o agro). Sendo que a maior parte dessas empresas se concentra na região sudeste com 40,8% e os estados com maior concentração são: São Paulo, com 27,4%, Rio Grande do Sul, com 17,2% e Paraná, com 12,7% . Já segundo dados da empresa de Inovação Distrito, nos primeiros cinco meses de 2022, as Agtechs já captaram investimentos na ordem de R \$54,7 milhões de reais (ABSTARTUPS, 2022).

O setor agropecuário necessita de soluções inovadoras que consigam melhorar seu desempenho. Apesar da alta produtividade já alcançada e os avanços dos últimos anos, outros setores como a indústria e serviços estão muito à frente nos quesitos tecnológicos. Esta defasagem tecnológica atrapalha o setor e impede o seu maior desenvolvimento, porém, por outro lado, cria uma série de possibilidades para as empresas de tecnologia (JUNIOR; SORDI, 2019).

As diferentes projeções de crescimento para o agronegócio brasileiro tem inferido diferentes oportunidades para esse tipo de mercado e não faltam oportunidades a essas empresas. Alguns nichos específicos serão beneficiados, tais como: automação de atividades de produção, controle de pragas e doenças, classificação e seleção de sementes e produção de material genético. Outro ponto a ser citado na projeção de rápido crescimento diz respeito ao interesse de investidores anônimos nessas empresas que buscam retorno rápido em curto e médio prazo (Lima; Pozo; Mauri, 2018).

Diferentes empresas se desenvolveram nos últimos anos, oferecendo soluções inovadoras e rentáveis para os produtores, algumas delas são apresentadas a seguir:

AGROSMART

A Agrosmart é uma startup brasileira que nasceu em Ituiutaba – MG. Atuando no ramo de tecnologia climática e oferece diferentes serviços a seus clientes tais como: previsão do tempo localizada, instalação de equipamentos com tecnologia IoT em campo para medição de parâmetros climáticos, dentre eles: precipitação, temperatura, umidade do ar e solo.

AEGRO

A AEGRO é uma startup gaúcha de Porto Alegre que nasceu na incubadora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul . A startup atua no desenvolvimento de softwares de gerenciamento de fazendas, buscando facilitar a vida do produtor ao unir todas as operações de controle dentro de um único programa. Com o programa, é possível fazer todo o monitoramento, controle de safra, receitas e custo entre outras operações .

SOLINFTEC

A Solinftec foi fundada em 2007 por engenheiros de automação de Cuba, sendo hoje uma das principais agtechs do mundo. A startup oferece soluções de telemetria de máquinas e equipamentos, monitorando em tempo real diferentes ativos dentro da propriedade. O software permite o controle das operações, diminuição de custos e segurança dentro das operações .

TERRA MAGNA

A Terra Magna é uma empresa paulista que trabalha com crédito agrícola, a empresa tem como característica ser uma fintech e desburocratizar o acesso ao crédito agrícola utilizando históricos do produtor, capacidade de produção e acompanhamento da lavoura através de monitoramento via satélites e outras tecnologias.

TARVOS

A Tarvos é uma empresa paulista focada no desenvolvimento de tecnologias de monitoramento de pragas em armadilhas automáticas. Atuando principalmente na inovação disruptiva das práticas de Manejo Integrado de Pragas. A empresa desenvolveu armadilhas de pragas que coletam dados e enviam a uma plataforma, informando de maneira prática ao tomador de decisão o nível de infestação.

A agricultura 4.0 tem em sua essência a inovação disruptiva, que pode ser descrita como um produto ou serviço que desenvolve uma inovação no mercado e que, geralmente, reinventa e desestabiliza as empresas que antes dominavam. Esse tipo de inovação tem entre sua característica principal ser simples, ter menor custo e conseguir atender públicos que antes não tinham acesso a determinado produto. Os diferentes produtos, serviços e tecnologias que estão sendo desenvolvidas transformam metodologias e técnicas mais acessíveis aos produtores rurais (VILLAFUERTE et al., 2018).

Exemplos de inovação disruptiva podem ser encontradas em diversas tecnologias, como exemplo: para o manejo de irrigação que facilitam a leitura de termos complexos e recomendam a lâmina de irrigação sem necessidade de cálculos, bem como o fácil acesso a imagens de satélite que auxiliam no encontro de falhas e doenças, ou na substituição de

planilhas manuais por softwares presentes em celulares que facilitam o controle financeiro das propriedades. Entretanto, como qualquer novidade, essas tecnologias ainda estão sendo desenvolvidas, testadas e validadas por produtores rurais, a adoção por parte do agronegócio depende da viabilidade econômica, disponibilidade de mão de obra qualificada, pós venda das empresas entre outras variáveis importantes.

AGRICULTURA 4.0: RESULTADOS EM PESQUISAS

Uma pesquisa com agricultores realizada em 2020 intitulada “Agricultura Digital no Brasil: Tendências, Desafios e Oportunidades” avaliou os desafios da agricultura 4.0 no Brasil. A pesquisa teve ao todo a participação de 870 agricultores, levantando importantes questões sobre o uso das tecnologias em propriedades rurais. O artigo apresenta que as principais tecnologias utilizadas pelos agricultores são: internet, para atividades ligadas à produção; aplicativos, para aquisição de informações técnicas; aplicativos ou programas de gestão; GPS; sensoriamento remoto entre outros (BOLFE et al., 2020).

Essas tecnologias são utilizadas principalmente para obter informações e planejamento da propriedade rural, gestão da produção, compra e venda de insumos e produção, previsão de riscos climáticos, estimativas de produção, detecção e controle de deficiências nutricionais e ataques de pragas e doenças, certificação e rastreabilidade agrícolas, e outras. O trabalho demonstra a diversidade de produtos e serviços já existentes e também a multiplicidade de aplicações dessas tecnologias (BOLFE et al., 2020).

No presente artigo, um importante tema diz respeito às dificuldades para acesso e uso de tecnologias digitais, as principais em ordem de importância são: valor do investimento, problemas ou falta de conexão com a internet, valor para contratação de prestadores de serviço especializados, falta de conhecimento e apropriação das tecnologias, custos operacionais, manutenção e atualização, falta de acesso a crédito para aquisição de máquinas e tecnologia, falta de capacitação e mão de obra especializada entre outros (BOLFE et al., 2020).

O artigo chama atenção para alguns pontos importantes dentro do assunto 4.0 que diz respeito a geração de valor dessas tecnologias para os produtores, o acesso precário a conectividade em diferentes áreas do Brasil e também da deficiência de mão de obra especializada no setor, corroborando com diferentes autores que tratam do tema (BOLFE et al., 2020).

A contemporaneidade do tema se traduz em muita necessidade de desenvolvimento e dúvidas por parte de produtores e técnicos, sendo de responsabilidade das empresas e da comunidade científica produzir pesquisas que atestam ou não a sua viabilidade técnica, econômica e sustentável. Apesar de existirem algumas dezenas de soluções no mercado, na literatura a apresentação de resultados práticos com dados ainda é pouco explorada, deixando uma lacuna para a pesquisa. Alguns artigos ainda muito incipientes tratam da

aplicabilidade prática das tecnologias 4.0, abordando mais tecnologias já difundidas como imagens de satélite, sensores e agricultura de precisão.

A utilização de imagens de satélite e drones para estimar produtividade é um tema abordado pela literatura. Diferentes autores trabalham na correlação de variáveis espectrais e produtividade das principais culturas do país, como: soja, milho, algodão e cana de açúcar. Franco (2022) buscou utilizar um sensor de ultrassom para estimar a produtividade de capim tifton 85, já Pigatto (2021) utilizou diferentes filtros NDVI para estimar a radiação fotossintética da soja em estágio primário. Corroborando com os trabalhos, Silva et al., (2022) também utilizou de diferentes filtros de imagens de satélite e drones para estimar a produtividade em florestas plantadas. Martins (2022) construiu uma modelagem de maturação e qualidade do café utilizando sensoriamento remoto e proximal a partir de imagens de vants (veículos aéreos não tripulados) para estimar de maneira representativa o melhor momento de colheita do café.

Buscando desenvolver uma metodologia de irrigação mais eficiente e automatizada com dispositivos de IoT que medem pluviometria e umidade, Souza (2021) encontrou resultados de redução de 16% na irrigação realizada em comparação a métodos tradicionais. Já Muniz (2021) estudando aplicações práticas de IoT em fruticultores do nordeste encontrou melhorias significativas na economia de água, energia, insumos e mão de obra, além do aumento da produtividade média da lavoura.

Utilizando métodos de I.Ag Ramos et al., (2017) desenvolveu um trabalho em que a contagem de café é feita de forma automática, onde foi possível encontrar um método para contagem automática dos frutos de café que seja eficiente, de baixo custo e não destrutivo. Pinheiro et al., (2021) também relata o desenvolvimento de tecnologias de inteligência artificial para aplicação em sementeiras, onde os métodos de I.A aliados a outras tecnologias podem fazer análises de sementes mais confiáveis e com métodos menos destrutivos.

Aplicações de tecnologia de Big Data foram avaliadas por Wolfert et al., (2017), utilizando a tecnologia para oferecer aos agricultores visões preditivas das operações agrícolas e ajudarem a tomar decisões em tempo real, melhorando a qualidade nos serviços realizados. Os autores chamam a atenção para o fato da tecnologia gerar insights que levam até o produtor diferentes visões de dentro da propriedade, como saúde de plantas, meteorologia, infestação de pragas e plantas daninhas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente artigo buscou apresentar, por meio de levantamento bibliográficos, conceitos, utilização e caracterização da agricultura 4.0 e as demais caracterizações envolvidas no tema. Para isso, se apoiou em uma revisão bibliográfica sistemática de diferentes artigos, notícias e sites especializados no tema, buscando apresentar a

história e desenvolvimento deste conceito dentro da literatura especializada. Como todo produto ou serviço novo, as tecnologias advindas da inovação 4.0 estão sendo validadas e implementadas por diferentes setores do agronegócio, sendo ainda um processo em consolidação. A evolução ainda tem entraves logísticos e operacionais no território brasileiro, sendo a conectividade um dos principais, dado que no Brasil a maioria das propriedades rurais ainda não têm acesso à internet, dificultando a utilização de algumas tecnologias.

Mesmo havendo melhoria do cenário tecnológico nos últimos anos, poucos agricultores brasileiros utilizam a internet profissionalmente. Esta situação é agravada pela falta de recursos e investimentos no país, qualificação da mão de obra para trabalhar com as tecnologias atuais, problemas de telecomunicação e valores dos recursos a serem investidos para acesso. A humanidade passará nos próximos anos por diferentes desafios, entre eles: aumento populacional, mudanças climáticas, superpopulação urbana e consequentemente a alta na demanda por alimentos. A agricultura 4.0 tem como objetivo ajudar a sociedade a preencher essa lacuna, propondo aumento de produtividade, otimização de operações agrícolas, sustentabilidade dentro da cadeia, entre outros.

As tecnologias para agricultura devem levar em conta também os diferentes tipos de agricultores que compõem o agronegócio brasileiro, sendo necessário abarcar as diferentes características sociais existentes para que realmente seja possível cumprir com seu objetivo. Vale destacar que agricultores familiares, orgânicos, agroflorestais, entre outros, também devem ter acesso a tais tecnologias, pois eles são representativos dentro da produção de alimentos no país.

O termo agricultura digital é relativamente novo e ainda está em disputa a padronização da sua conceituação, porém, podemos afirmar que o emprego de sistemas digitais, métodos computacionais, rede de sensores e comunicação em conjunto com melhores práticas gerenciais e administrativas ajudam a entender e definir o que viria a ser a agricultura 4.0. Esse conjunto de práticas e tecnologias é um processo incremental à atual agricultura, que ainda depende de testes e consolidação.

REFERÊNCIAS

SMALCI, Anderson et al., Fatores determinantes e condicionantes para inovação e competitividade no setor do agronegócio brasileiro. *Revista Metropolitana de Sustentabilidade* (ISSN 2318-3233), v. 10, n. 1, p. 6-6, 2020.

RIBEIRO, Josiana Gonçalves; MARINHO, Douglas Yusuf; ESPINOSA, Jose Waldo Martínez. Agricultura 4.0: desafios à produção de alimentos e inovações tecnológicas. In: **Simpósio de Engenharia de Produção**. 2018. p. 1-7.

MASSRUHÁ, Sílvia Maria Fonseca Silveira; LEITE, MA de A. Agro 4.0-rumo à agricultura digital. In: **Embrapa Informática Agropecuária-Artigo em anais de congresso**. JC na Escola Ciência, Tecnologia e Sociedade: mobilizar o conhecimento para alimentar o Brasil. 2. ed. São Paulo: Centro Paula Souza, 2017., 2017.

FERNEDA, Rodrigo. Adoção de tecnologias da indústria 4.0 por firmas do agronegócio do Rio Grande do Sul. 2018.

SILVA, Juliane Máira Pedro; CAVICHIOI, Fabio Alexandre. O uso da agricultura 4.0 como perspectiva do aumento da produtividade no campo. **Revista Interface Tecnológica**, v. 17, n. 2, p. 616-629, 2020.

SILVA, Alexsandro Oliveira da et al. A irrigação na era da agricultura 4.0: manejo, monitoramento e precisão. **Revista Ciência Agronômica**, v. 51, n. spe, 2020.

PAULA, Anderson Henrique Potye; DUQUE, José Walmir Goncalves. Uso de big data e implementação do processo de EDA: um case de dados climáticos para gestão de agricultura. **Revista H-TEC Humanidades e Tecnologia**, v. 4, n. Edição Esp, p. 182-202, 2020.

COSTA, Cainã L.; OLIVEIRA, Letícia; MÓTA, LS Michele. Internet das coisas (IOT): um estudo exploratório em agronegócios Internet of Things (IOT): na exploratory study in agribusiness. **VI Simpósio da Cienc. do Agronegócio**, 2018.

MEIRELLES, Margareth SP; MOREIRA, Marlon; COELHO, Fábio BN. Uso de Inteligência Artificial em Agricultura de Precisão: Redes Bayesianas e Neurais. **Agricultura de precisão para o manejo da fertilidade do solo em sistema plantio direto**, p. 175, 2019.

QUEIROZ, Daniel Marçal de et al. Sensores aplicados à Agricultura Digital: Uma revisão. **Revista Ciência Agronômica**, v. 51, 2021.

SANTA ANA, Rogério da Silva; SORDI, Victor Fraile. ADOÇÃO TECNOLÓGICA NO AGRONEGÓCIO INTELIGENTE. **Encontro Internacional de Gestão, Desenvolvimento e Inovação (EIGEDIN)**, v. 4, n. 1, 2020.

BOLFE, É. L.; JORGE, L. A. D. C.; SANCHES, I. D.; LUCHIARI JÚNIOR, A.; DA COSTA, C. C.; VICTORIA, D. D.C.; INAMASU, R. Y.; GREGO, C. R.; FERREIRA, V. R.; RAMIREZ, A. R. Agricultura Digital no Brasil: tendências, desafios e oportunidades. 2020. 45p. (Relatório Técnico). Disponível em: <https://www.embrapa.br/agropensa/produtos-agropensa>. Acesso em: 22 dez. 2021.

DA SILVA, Joélia Natália Bezerra et al. Modelos da Produtividade Primária Bruta em área de floresta tropical em sazonalmente seca, usando dados reflectância da vegetação de caatinga. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, n. 06, p. 3775-3784, 2021.

Schaparini, Laura Pigatto. “Balanço da radiação fotossinteticamente ativa na soja e o uso de dados espectrais, oriundos de sensores remotos, para estimativa da produtividade primária líquida.” (2021).

OLIVEIRA, Andre Roberto Franco. Parametrização de um sensor de ultrassom para estimar a produtividade de massa seca do capim Tifton 85 (*Cynodon spp.*). 2022.

MARTINS, Rodrigo Nogueira. Modeling of coffee ripeness and beverage quality using proximal and remote sensing. 2022.

SOUZA, Gilberto. **Uso de sistema de controle fuzzy e internet das coisas para irrigação na agricultura de precisão**. 2021. 164 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Centro Universitário FEI, São Bernardo do Campo, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.31414/EE.2021.D.131319>.

MUNIZ, Lucas Rocha. Internet das coisas na agricultura moderna: estudo da integração entre automação e sensoriamento no cultivo de frutos no nordeste brasileiro. 2021.

DE MESQUITA PINHEIRO, Romário et al. Inteligência artificial na agricultura com aplicabilidade no setor sementeiro. **Diversitas Journal**, v. 6, n. 3, p. 2996-3012, 2021.

MARIN, Fábio R. et al. Intensificação sustentável da agricultura brasileira: cenários para 2050. **Revista de Política Agrícola**, v. 25, n. 3, p. 108-124, 2016.

SILVEIRA, MÁRCIO; MARCOLIN, C.; FREITAS, H. O big data e seu uso corporativo: uma revisão de literatura. **São Paulo: SINGEP**, v. 4, 2015

SAĞIROĞLU, Seref; SINANC, Duygu. Big data: A review. In: **2013 international conference on collaboration technologies and systems (CTS)**. IEEE, 2013. p. 42-47.

Ashton, Kevin. "That 'internet of things' thing." *RFID journal* 22.7 (2009): 97-114.

Pessoa, Cláudio Roberto Magalhães et al. A Internet Das Coisas: Conceitos, aplicações, desafios e tendências. In: **13th International Conference on Information Systems and Technology Management–Contecsi**. 2016.

DAMACENO, Siuari Santos et al. Inteligência artificial: uma breve abordagem sobre seu conceito real e o conhecimento popular. **Caderno de Graduação-Ciências Exatas e Tecnológicas-UNIT-SERGIPE**, v. 5, n. 1, p. 11-11, 2018.

JÚNIOR, Pedro Eduardo Volpato; SORDI, Victor Fraile. AGTECHS: Tecnologias e focos de negócios. **Encontro Internacional de Gestão, Desenvolvimento e Inovação (EIGEDIN)**, v. 3, n. 1, 2019.

VILLAFUERTE, Andrés Manuel et al. AGRICULTURA 4.0-ESTUDO DE INOVAÇÃO DISRUPTIVA NO AGRONEGÓCIO BRASILEIRO. In: **9th International Symposium on Technological Innovation**. 2018.

“UMA PIRRALHA FALA QUALQUER BESTEIRA”: GRETA THUNBERG E A FUNDAMENTAÇÃO CIENTÍFICA NOS DISCURSOS

Data de aceite: 01/09/2023

Roselaine Tereza Piber

Universidade Federal de Santa Maria –
UFSM
Santa Maria RS
<https://orcid.org/0000-0002-1367-5141>

Igor Binotto Benetti

Universidade Federal de Santa Maria –
UFSM
Santa Maria RS
<https://orcid.org/0000-0003-0127-0216>

Vanessa Lazzaretti Picolotto

Universidade Federal de Santa Maria –
UFSM
Santa Maria RS
<https://orcid.org/0000-0001-7842-184X>

José Geraldo Wizniewsky

Universidade Federal de Santa Maria –
UFSM
Santa Maria RS
<https://orcid.org/0000-0002-8718-6308>

2018-2020, a jovem ativista sueca Greta Thunberg destacou-se no cenário mundial, a partir de sua greve escolar pelo clima. Com o objetivo de observar se suas falas têm embasamento científico ou são opiniões, este artigo realizou uma análise comparativa entre algumas declarações da ativista, durante sua participação na Conferência das Partes (COP) 24 e 25 e na Cúpula sobre o Clima, na sede da Organização das Nações Unidas (ONU); e estudos publicados por alguns cientistas, bem como relatórios oficiais. Concluiu-se que os discursos da ativista Greta são fundamentados no rigor científico, coincidindo com relatórios e declarações de cientistas, que não realizado seus estudos ao longo dos anos e ao redor do mundo. Assim como suas questões são consideradas relevantes em qualquer debate sério sobre desenvolvimento regional sustentável, visto que as temáticas ambientais conectam o local com o global.

PALAVRAS-CHAVE: Mudança Climática; Greta Thunberg; Rigor Científico; Discursos ambientalistas.

RESUMO: O tema sobre mudança climática é tratado pelos cientistas há quase dois séculos, no entanto, na agenda pública global tem pouco mais de 40 anos. Porém, sempre existiram ativistas ambientais, que ora são ouvidos, ora não. Nos anos

"A LITTLE CHILD SPEAKS ANY NONSENSE": GRETA THUNBERG AND THE SCIENTIFIC REASONING IN SPEECH

ABSTRACT: The issue of climate change has been addressed by scientists for almost two centuries, however, it has been on the global public agenda for just over 40 years. However, there have always been environmental activists, who are sometimes listened to, sometimes not. In the years 2018-2020, the young Swedish activist Greta Thunberg stood out on the global stage, from her school strike for the climate. With the aim of observing whether her speeches have a scientific basis or are opinions, this article carried out a comparative analysis between some of the activist's statements, during her participation in the Conference of the Parties (COP) 24 and 25 and in the Climate Summit, at the headquarters of the United Nations (UN); and studies published by some scientists, as well as official reports. It was concluded that Greta's speeches are based on scientific rigor, coinciding with reports and statements by scientists who have carried out their studies over the years and around the world. Just as your issues are considered relevant in any serious debate on sustainable regional development, as environmental issues connect the local with the global.

KEYWORDS: Climate Change; Greta Thunberg; Scientific Rigor; environmental speeches.

1 | INTRODUÇÃO

Greta ErnmanThunberg, de cidadania sueca, jovem de vinte anos¹, ativista ambiental, inspirou uma rede global de jovens defensores do clima; ela tem sido escutada em diversas ocasiões, inclusive em palcos internacionais, por plateias de diferentes nações, como as que estavam presentes na Cúpula Sobre o Clima da ONU, no Parlamento Francês, na União Europeia e na Conferência das Partes da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança Climática (COP)², entre outros.

Historicamente, se procurou desqualificar o discurso ambientalista, como sendo desprovido de evidências científicas, servindo apenas para "atrasar o desenvolvimento", e assim era meramente considerado uma visão apocalíptica do mundo. Resquícios deste passado ainda estão presentes na atualidade, portanto, as palavras de Greta, bem como algumas de suas atitudes, geraram controvérsias e opiniões divididas, por um lado, entre os que a apoiam, por concordar com suas ideias e afirmações, e por outro lado, entre os que discordam de suas opiniões e a criticam, inclusive referindo-se a aspectos de sua vida pessoal. Uma destas ocasiões em que se registrou essa situação deu-se quando da visita de Greta ao parlamento francês, em julho de 2019³.

Os discursos de Greta, não obstante, foram breves e objetivos. Em cada um deles, são repetidas e enfatizadas algumas ideias constantes, aliadas a questionamentos pessoais sobre a falta de consciência da população, com respeito às tragédias relativas ao aumento de temperatura do planeta, e ao descaso dos governantes das nações sobre

1 Greta T. nasceu em Estocolmo, Suécia, dia 03 de janeiro de 2003.

2 COP é o órgão supremo da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC), que reúne anualmente os países parte em conferências mundiais.

3 Disponível em: <<https://www.terra.com.br/noticias/mundo/greta-rebate-criticas-em-discurso-no-parlamento-da-franca>> Acesso em: 02 jan.2020.

sua responsabilidade no referido tema. Em diversas vezes, Greta insistiu em que os cientistas, e seus relatórios, devem ser levados em conta, como escreveu, em seu perfil no Instagram, em nota de agradecimento, ao recusar o Prêmio do Meio Ambiente do Conselho Nórdico, de 2019: “É uma enorme honra. Mas o clima não precisa de mais premiações. O que precisamos é que nossos governantes e políticos escutem as melhores pesquisas científicas atuais, e não prêmios”⁴.

O presente trabalho pretende realizar uma análise comparativa entre algumas afirmações da ativista, realizadas durante seus discursos públicos, nos anos 2018 e 2019, e alguns textos presentes na literatura sobre o meio ambiente, no intuito de elucidar em que medida suas falas possuem argumentos sólidos e fontes seguras, capazes de representar um pensamento ampliado, dentro das diferentes áreas da ciência, e assim, poder averiguar se possuem coerência e embasamento científico, e qual seria seu papel junto às ações para a proteção ambiental e a preservação do Planeta Terra, em vistas ao bem estar das futuras gerações.

2 | METODOLOGIA

Como metodologia, empregou-se, primeiramente, revisão bibliográfica, tanto via internet, através de artigos em revistas eletrônicas - o acesso às falas de Greta deu-se, especialmente, através do Youtube⁵ - como via biblioteca, através de livros que tratam sobre o tema. Nesse sentido, depois da reflexão e síntese de seus discursos, foram escolhidas algumas frases mais relevantes, proferidas por Greta durante sua participação na COP-24 (2018) e COP-25 (2019) e na Cúpula sobre Mudança Climática (2018), as quais foram comparadas com alguns relatórios oficiais da ONU, feitos pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) e com o artigo “Advertência dos cientistas sobre emergência climática”, publicado na Revista Bioscience, em novembro de 2019, e assinado por onze mil duzentos e cinquenta e oito (11.258) cientistas, de cento e cinquenta e três (153) países⁶. Assim como com alguns estudos publicados por economistas, ecólogos, biólogos, geógrafos, sociólogos e outros cientistas, ao longo das últimas décadas.

Nessa lógica, os estudos revisados foram sintetizados e selecionados dentro de um acervo abundante de literatura sobre mudança climática e urgência de proteção ambiental, sendo que somente foram referenciados aqui os que têm citação no corpo do presente artigo. Feita essa revisão seletiva, realizou-se análise qualitativa, com a interpretação dos textos, que foram comparadas às falas de Greta T.

4 Disponível em: <<https://www.terra.com.br/noticias/greta-thunberg-recusa-premio-por-defesa-do-meio-ambiente>> Acesso em: 02 de jan. de 2020.

5 Igualmente, através do documentário, na DisneyPlus, 2021: *Greta Thunberg, o futuro é hoje*.

6 Disponível em <<https://www1.folha.uol.com.br/ambiente/2019/11/mais-de-11-mil-cientistas-de-todo-o-mundo-decreta-emergencia-climatica.shtml>> Acesso em: 06 jan. 2020.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Segundo Fleury (2019), as primeiras pesquisas científicas sobre aquecimento global de que se têm notícias completam no ano de 2020, 193 anos de alertas sobre as consequências da atividade humana sobre a natureza, sobretudo a emissão de gases efeito estufa, como o dióxido de carbono (CO₂). As pesquisas sobre o que conhecemos atualmente como efeito estufa foram iniciadas pelo matemático e físico francês Jean-Baptiste Fourier, em 1827. Nesse sentido, já na década de 1890, através do estudo realizado pelo sueco Savante Arrhenius, a ciência do aquecimento global responsabilizou a atividade humana pelo aumento da temperatura na Terra, devido à queima de combustível fóssil (carvão). Uma ação conjunta importante foi a realização, em Genebra, da Primeira Conferência Mundial sobre o Clima, no ano de 1979. No entanto, as pesquisas científicas sobre aquecimento global só começaram a ser discutidas, de forma mais ampla e por outros agentes sociais, no final da década de 1980 e inícios de 1990.

Coincidindo com estudos científicos, a fala de Greta, na COP 24 (2018), sobre a urgência em tratar francamente o tema da crise climática e ambiental, bem como sua advertência sobre deixar os combustíveis fósseis no subsolo, trabalhar pela equidade e mudar o sistema, encontrou eco em diversos autores, ao longo dos últimos cem anos; entre os quais nomearemos Leonardo Boff e Enrique Leff.

Podemos observar em Boff (2010), no seu livro sobre o cuidado com a vida na Terra, que o sistema neoliberal caminha rapidamente para um colapso. O autor sugere uma mudança dentro do sistema, ao escrever que:

O desenvolvimento necessário para a manutenção da vida humana, para toda a comunidade de vida e para a preservação da vitalidade da Terra não pode seguir as pautas do crescimento até agora vigentes. Ele é demasiadamente depredador do capital natural e parco em solidariedade geracional presente e futura (p. 187).

Nesse sentido, Leff (2010), insiste em que a sustentabilidade do planeta e da humanidade é uma questão fundamental e deve ser tratada com seriedade. Aconselha a refletir sobre como a humanidade construiu as condições de seu ser e estar neste mundo. Como se deu o modo de constituição da subjetividade humana, que gerou esse impulso para controlar e dominar a natureza e reconstruir a forma de pensar sobre o planeta e sobre o sentido da vida humana nele. Em sua opinião, a racionalidade moderna, baseada numa economia acumulativa e depredadora, que determina os modos como toda a humanidade se insere no modelo atual de desenvolvimento, deve ser revista, já que a crise ambiental é profunda e não há tempo para banalizar ou duvidar de que o planeta está no seu limite:

O atual modelo produtivo e a racionalidade econômica que o gera são essencialmente insustentáveis, pois geram um processo de crescimento baseado no consumo crescente de recursos naturais de baixa entropia, na destruição paulatina das condições ecológicas de sustentabilidade e na produção crescente de calor (Leff, 2010, p. 80)

Reforçando sua tese, Leff (2010) afirma que não basta um crescimento zero, baseado num consumo responsável ou em uma “pedagogia das catástrofes ambientais”. É preciso mais do que isso: descolonizar o imaginário humano e *despetrolizar* a economia. A sociedade precisa mudar sua forma de produzir e consumir, e não apenas diminuir a produção ou consumo. A sociedade humana precisa deixar de pensar – acreditar - que os humanos são os donos e poderosos deste mundo, e fazer um caminho de volta à sua natureza, da qual nunca devia ter-se distanciado. Enfim, como o próprio autor afirma: “precisamos desconstruir as razões econômicas através da legitimação de outros princípios, outros valores e outros potenciais não econômicos”. Não se trata de destruir a ordem econômica, mas de construir uma racionalidade ambiental:

Para além do propósito de dismantlar o modelo econômico dominante, trata-se de destecer a racionalidade econômica, entretecendo novas matrizes de racionalidade e adubando o solo da racionalidade ambiental (Leff, 2010, p. 63)

Por conseguinte, algumas das afirmações de Greta que mais geraram polêmicas foram proferidas no seu discurso na ONU, durante a Cúpula sobre o Clima, em 2019. Não obstante, são diversos os cientistas e outros teóricos que sustentam argumentos parecidos ao de Greta. Assim, Goodland Et al. (1992), em sua tese de que o mundo está nos seus limites, alertou para as evidências de um colapso, fruto do crescimento econômico acelerado, e de um consumo acima da capacidade que os recursos naturais têm de recuperar-se. Segundo o autor, a biosfera está submetida a um esforço excessivo em sua capacidade de recursos e depósito de resíduos.

Por sua vez, o Índice Planeta Vivo Global de 2022 mostra uma redução média de 69% nas populações de vida selvagem monitoradas entre 1970 e 2018. À vista disso, o Relatório Planeta Vivo 2022 alerta sobre a dissociação entre crise climática e crise da biodiversidade, afirmando que presenciamos um ecocídio, devido a um desenvolvimento econômico sem limites (WWF, 2022). Vejamos uma das falas emocionadas e incisivas de Greta (2019):

As pessoas estão sofrendo e estão morrendo. Os nossos ecossistemas estão morrendo. Nós estamos vivenciando o começo de uma extinção em massa. E tudo o que vocês fazem é falar de dinheiro e de contos de fadas sobre um crescimento econômico eterno (YOUTUBE).

Nessa perspectiva, Nobre et al. (2007), no relatório N.6, do Programa de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira - PROBIO⁷, sobre a América até 2100, concluiu que as mudanças climáticas impactam nos ecossistemas naturais e na forma de distribuição dos biomas, destruindo a biodiversidade e os recursos hídricos, assim como afetam a agricultura nesta região:

Os modelos climáticos globais do IPCC/AR4 e os modelos regionais de

⁷ Site para consulta de ações e projetos do PROBIO. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/probio>. Acesso em: 13 jun.2023.

mudança climática apontam para cenários climáticos futuros de aumento da temperatura superficial de 2 a 4°C na América do Sul. O futuro da distribuição de biomas na América do Sul poderá ser afetado pela combinação dos impactos da mudança climática e da mudança no uso da terra, que podem levar o sistema a savanização de partes da Amazônia e desertificação do Nordeste Brasileiro (Nobre et al, 2007, p. 23).

Por outro lado, a afirmação de Greta: “Por mais de 30 anos, a ciência tem sido muito clara. Como vocês se atrevem a continuar ignorando isto?” proferida em mais de uma ocasião, em seus discursos públicos, é uma justa cobrança dessa jovem com respeito aos alertas que os cientistas do mundo todo têm feito durante décadas, e que podem ser resumidos no seguinte manifesto: *Relatório de mais de onze mil cientistas sobre emergência climática*, publicado em novembro de 2019, o qual é citado aqui, através de alguns comentários analíticos de outros autores.

Nesse sentido, Freedman (2019) afirma, no relatório supra citado, ser a primeira vez em que os cientistas usam a palavra “emergência” de forma pública, para referir-se à mudança climática. Deste então, os cientistas afirmam que “o planeta sofre uma emergência climática clara e inequívoca”⁸. O documento é um alerta global sobre a crise climática que enfrentamos e a urgência em tomar as devidas providências. Afirma que, pese aos mais de quarenta anos de negociações sobre mudança climática, poucas ações efetivas foram tomadas pelos governos das nações, de forma isolada ou em conjunto. Nesse aspecto, reconhece ser um grande desafio reduzir as emissões de gases de efeito estufa.

O estudo que embasou o relatório, liderado por três cientistas (Bill Ripley, William Moomaw e Christopher Wolf), é fruto de mais de cinco anos de investigações, e também resume décadas de estudos e provas simuladas, feitas por cientistas de todo o mundo, quem o tornaram público, na esperança de que a população mundial tome consciência dos rumos que a sociedade está empurrando o Planeta a seguir. Por isso, apela a que os combustíveis fósseis ainda existentes, como petróleo, carvão e gás natural, sejam deixados onde estão e não sejam mais extraídos ou queimados, e se busquem outras formas mais limpas de gerar energia (Freedman, 2019). Da mesma forma, afirmou Greta, em um dos seus discursos, que deveríamos parar de usar combustíveis fósseis e ser neutrais nas emissões de carbono, para estabilizar em 1,5°C o aumento na temperatura.

Portanto, o relatório oferece conclusões, com indicadores que certificam a ação humana sobre o aumento da temperatura do planeta, aquecimento dos oceanos e do solo, perda de biodiversidade e de cobertura vegetal, entre outras consequências ambientais nefastas. Conclusões e apelos à ação, traduzidas em gráficos de fácil entendimento, reveladores da “direção perturbadora em que o planeta está avançando”, ao mesmo tempo em que incita à adoção de medidas eficazes para evitar uma catástrofe ainda maior,

8 Se publicou o relatório World Scientist's Warning of a Climate Emergency 2022, divulgado na revista BioScience, que marca o 30º aniversário do “Aviso dos Cientistas Mundiais à Humanidade”, assinado por mais de 1.700 cientistas em 1992. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/biosci/biac083> Acesso em: jun. 2023.

como a “implementação de um grande programa de eficiência energética e práticas de conservação”, bem como a eliminação do consumo de combustíveis fósseis em favor de fontes renováveis de energia.

Com respeito ao discurso de Greta na COP 25⁹, podemos afirmar que suas considerações foram menos apaixonadas e mais objetivas, como podemos ler à continuação:

O capítulo 2, na página 108, no relatório SR1.5 do IPCC, publicado no ano passado (2018), diz que, em 1º de janeiro de 2018, para termos uma chance de 67% de limitar o aumento da temperatura global a 1,5°C, tínhamos 420 Gigatonnes de CO₂ restantes. Esse número, claro, é muito menor hoje, e emitimos 420GtCO₂ todos os anos, incluindo o uso da terra. Com os níveis de emissões atuais, o limite será esgotado em cerca de 8 anos. (YOUTUBE).

Toledo (2013), ao analisar a primeira parte do quinto relatório do IPCC (AR5), corrobora as afirmações de Greta:

Caso as emissões de gases do efeito estufa continuem crescendo às atuais taxas ao longo dos próximos anos, a temperatura do planeta poderá aumentar até 4,8 graus Celsius neste século – o que poderá resultar em uma elevação de até 82 centímetros no nível do mar e causar danos importantes na maior parte das regiões costeiras do globo¹⁰.

O relatório do IPCC (AR5) embasa suas conclusões em quatro cenários de análise¹¹ e afirma que o cenário mais otimista prevê que o sistema terrestre armazenará 2,6 watts por metro quadrado (W/m²) adicionais. Nesse caso, o aumento da temperatura terrestre poderia variar entre 0,3 °C e 1,7 °C de 2010 até 2100 e o nível do mar poderia subir entre 26 e 55 centímetros ao longo deste século”. Segundo os cientistas do IPCC, é necessário estabilizar as concentrações de gases do efeito estufa nos próximos dez anos e atuar para sua remoção da atmosfera, se quisermos ficar com esse cenário mais otimista. Ainda assim, os modelos indicam um aumento adicional de quase 2 °C na temperatura – além do 0,9 °C que nosso planeta já aqueceu desde o ano 1750. A esse respeito, o relatório mostra que:

Há “confiança muito alta” (nove chances em dez) de que as taxas médias de CO₂, metano e óxido nitroso do último século sejam as mais altas dos últimos 22 mil anos. Já mudanças na irradiação solar e a atividade vulcânica contribuíram com uma pequena fração da alteração climática. É “extremamente provável” (95% de certeza) de que a influência humana sobre o clima causou mais da metade do aumento da temperatura observado entre 1951 e 2010 (Toledo, 2013).

Assim sendo, a jovem ativista Greta segue instigando à reflexão e a uma mudança de atitudes, ao enfatizar a importância de manter vigente o que foi acordado em Paris (2015), que seria o aumento de temperatura não superior a 1,5°C graus:

9 Disponível em <https://news.un.org/pt/story/2019/12/1697531> Acesso em: 27 nov. 2019

10 Texto digital, não paginado.

11 De acordo com Paulo Artaxo, professor do Instituto de Física da Universidade de São Paulo (USP, participante na elaboração desse relatório, foram simulados quatro diferentes cenários de concentrações de gases de efeito estufa, possíveis de acontecer até o ano de 2100 – os chamados “Representative Concentration Pathways (RCPs)”.

Com o aumento atual de 1°C, as pessoas estão morrendo devido à crise climática. Por que manter o acordo de Paris? Para evitar desestabilizar o clima, para que tenhamos a melhor chance possível de evitar reações irreversíveis em cadeia, como geleiras derretidas e derretimento de zonas permanentemente geladas (COP 25, 2019).

Coincidindo com as afirmações de Greta, Zalasiewicz (2016), junto a outros cientistas presentes no Congresso Geológico Internacional¹², afirma que “as mudanças nas comunidades animais e vegetais do mundo – que foram modificadas pelos seres humanos desde a Idade da Pedra – se aceleraram notavelmente” nas últimas décadas, com a globalização. Segundo esses geólogos, a era do Antropoceno¹³ é real; eles fundamentam sua afirmação ao analisarem o funcionamento do sistema terrestre e uma unidade de estratos recentes, *bem distinta dos estratos anteriores*.

Desde a “grande aceleração” global – aceleração do crescimento populacional, da industrialização e da globalização – de meados do século XX, as camadas de sedimentos no fundo do mar, fundos de lagos e pântanos e em leitos de rios são marcadas por radionuclídeos artificiais originários de testes com bombas atômicas das décadas de 1950 e 1960, por plásticos, alumínio e concreto, por novos pesticidas e outros poluentes orgânicos persistentes, e por cinzas volantes como subprodutos da queima de hidrocarboneto (Zalasiewicz, 2016)¹⁴.

Com a segurança própria de quem encontra fundamentação científica para suas afirmações, estes estudiosos expõem seus registros, onde se pode observar que a taxa de aumento de dióxido de carbono na atmosfera é “superior às mudanças típicas entre as fases glaciais e interglaciais das Idades do Gelo recentes” (Zalasiewicz, 2016). Mudanças que vêm ocorrendo rapidamente e sem precedentes na história da Terra. Para estes cientistas, a trajetória que nos toca viver atualmente é diferente das mudanças ocorridas anteriormente, com consequências e significados inimagináveis para as gerações anteriores. As transformações em nível planetário ocorrem em progresso exponencial.

Nesse aspecto, podemos incluir no debate, a teoria de Georgescu (1971), sobre os limites do crescimento e a entropia (desgaste ou desordem crescente e irreversível) nos processos de produção econômica. Isso implica que num sistema fechado e esgotado, cada vez que transformamos a energia, criamos desordem e precisamos de mais energia para obter, afinal, menos energia. Sua obra mestra, “A lei da entropia e o processo econômico”, é o fundamento teórico mais importante da escola da economia ecológica, com ela trabalhou para que a ecologia estivesse no centro de toda teoria econômica, ao propor a economia do decrescimento, ao apontar os limites ecológicos do crescimento econômico, devido ao seu contexto biofísico.

Em tempo, algumas intervenções de Greta, na COP 25, mostraram que as instituições

¹² Cidade do Cabo, África do Sul, agosto de 2016.

¹³ Período mais recente na história da Terra, em que as atividades humanas começaram a ter um impacto global significativo no clima do planeta e no funcionamento dos seus ecossistemas.

¹⁴ Texto digital não paginado.

bancárias foram responsáveis pela inversão de quase quatro trilhões de dólares em combustíveis fósseis, enquanto somente cem empresas foram responsáveis por 71% das emissões globais. As nações que mais contaminam o ambiente são as que menos sofrem os impactos negativos do aquecimento global: os 10% mais ricos da população do mundo produzem metade das emissões de CO₂, enquanto os 50% mais pobres representam apenas um décimo. Quase 80% do total das emissões são responsabilidade de países do G20. Suas palavras encontraram eco em Nobre (2012, p. 29):

Não vamos nos esquecer da indústria dos combustíveis fósseis, essa indústria movimenta onze trilhões de dólares, quase 20% do PIB mundial. E mudar a trajetória dessa indústria é o que está em jogo. Não podemos chegar a 2100, ou mesmo a 2050, gerando 80% da energia do mundo com combustível fóssil se quisermos manter o aumento da temperatura abaixo de 2°C.

O autor coincide com Greta e afirma que o dióxido de carbono presente na atmosfera, e em crescente aumento, é comprovadamente orgânico, passou por fotossíntese e é resultado de atividades humanas, especialmente pela queima de combustíveis fósseis e outras formas de combustão:

A prova disso vem das medidas de um isótopo estável do átomo de carbono, o Carbono-13 (¹³C) (12 prótons e 13 nêutrons no núcleo atômico). Precisas observações destes balanços de isótopos na atmosfera revelam a origem do carbono adicional, e estes apontam para as fontes fósseis e a queima de florestas como as responsáveis pelo aumento desse gás na atmosfera (Nobre, 2012, p. 11).

Nesse sentido, é motivo de reflexão e tomada de ações urgentes o que vem sendo demonstrado pelos relatórios do IPCC, e que resumimos em quatro tópicos: a) Os impactos do aquecimento global sobre os sistemas natural e humano já foram observados (alta confiança); b) Muitos ecossistemas terrestres e oceânicos e alguns dos serviços que eles fornecem já se alteraram devido ao aquecimento global (alta confiança); c) Riscos futuros relacionados ao clima dependerão do ritmo, pico e duração do aquecimento. d) Alguns impactos podem ser duradouros ou irreversíveis, tais como a perda de alguns ecossistemas (Oliveira, 2019).

Neste momento, vemos oportuno acrescentar um breve resumo do sexto relatório do IPCC, apresentado em março de 2023, pois os desafios para frear a mudança climática e a destruição da biodiversidade exigem esforços conjuntos e transformações relativas à forma de produção e consumo da sociedade contemporânea: os impactos do clima nas pessoas e ecossistemas são mais vastos e severos do que se esperava, e os riscos futuros aumentam a cada fração de grau de aquecimento; alguns impactos climáticos já são tão graves que não é mais possível se adaptar a eles; o mundo precisa parar de usar combustíveis fósseis – a principal causa da crise climática; precisamos de transformações urgentes e sistêmicas para garantir um futuro resiliente (Boehm e Schumer, 2023).

Enfim, diante da questão sobre se os discursos de Greta possuem fundamento

científico e se os cientistas, que alertam a emergência da crise climática, estariam ou não corretos, queremos ressaltar todo esse trabalho incansável, realizado durante décadas no anonimato de laboratórios e nos lugares mais inóspitos da Terra, como a Antártica, o Ártico ou o fundo dos oceanos, com uma frase de Nobre (2012, p. 14):

Esta comparação entre as anomalias de temperatura média global com as forçantes naturais e antropogênicas é hoje o estado mais avançado do conhecimento. É imperfeito, não conseguimos explicar tudo, mas é a melhor explicação.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Consideramos ter mostrado que existe uma fundamentação científica no discurso ambientalista, usando algumas falas de Greta Thunberg, ao buscar guarida em vários estudos científicos citados. Entre a popular frase de Greta: *vocês roubaram nosso futuro*, e o desprezo de certos agentes públicos e políticos pelo ativismo ambiental, consideramos prudente apoiar as falas e ações da ativista.

A análise comparativa entre algumas falas da ativista Greta e os diferentes textos científicos e relatórios, aqui apresentados, mostrou que todas as falas da jovem possuem embasamento teórico confiável. Por esse motivo, concluímos que não há enganos em seus pronunciamentos e que devem ser considerados relevantes. A jovem mostrou ter consciência do que fala e seu discurso está muito bem fundamentado cientificamente, assim como tem um papel fundamental na organização da população, especialmente entre os jovens, para a reivindicação de adoção de medidas preventivas e de mitigação dos efeitos da emissão de gases de efeito estufa.

Por outro lado, os diversos autores alertam para a relação entre o destino do planeta e o discurso de um modelo de desenvolvimento supostamente hegemônico e universal, inserido nas práticas desenvolvimentistas da sociedade moderna e incorporado, de forma mais ou menos violenta, nas diversas latitudes do planeta. Desenvolvimento aliado ao conceito de progresso e crescimento que, apesar de explorar a natureza de forma destrutiva, não conseguiu sequer solucionar o problema da fome no mundo.

Portanto, urge discutir sobre quais objetivos e práticas devemos construir o tipo de desenvolvimento que desejamos para nossa região, considerando inserir ou robustecer a sustentabilidade ambiental e as medidas de adaptação à mudança climática nas estratégias de desenvolvimento regional.

REFERÊNCIAS

BOEHM, Sophie; SCHUMER, Clea. **10 Conclusões do Relatório do IPCC sobre Mudanças Climáticas de 2023**. Artigo, 2023, WRI Brasil. Disponível em: <https://www.wribrasil.org.br/noticias/10-conclusoes-do-relatorio-do-ippc-sobre-mudancas-climaticas-de-2023> Acesso em: 13 jun. 2023.

BOFF, Leonardo. **Cuidar da Terra, Proteger a Vida: Como evitar o fim do mundo.** Rio de Janeiro, Record, 2010, 330p.

DRUMMOND, José Augusto. **A Primazia dos Cientistas Naturais na Construção da Agenda Ambiental Contemporânea.** Revista Brasileira de Ciências Sociais [online]. São Paulo, 2006, vol.21, n.62, pp.5-25. ISSN 0102-6909. Disponível em <http://dx.doi.org/10.1590/S0102> Acesso em: 27 nov. 2019.

FLEURY, Lorena Cândido. ET AL: **Mudanças climáticas, ciência e sociedade.** Sociologias, Porto Alegre, ano 21, n.51, maio-ago 2019, p.18-43.

FREEDMAN, Andrew. **Mais de 11 mil cientistas decretam ‘emergência climática’ em novo relatório.** The Washington Post. Tradução de Paulo Migliacci para a Folha de S.Paulo, 2019. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/ambiente/2019/11/mais-de-11-mil-cientistas-de-todo-o-mundo-decretam-emergencia-climatica.shtml> Acesso em jan.2020.

GEORGESCU-Roegen, Nicholas. La Ley de La Entropía y El Problema Económico *IN: Economía, Ecología y Ética Ensayos hacia una economía en estado estacionario.* Daly, Herman E.Org. México, 1971.

GOODLAND Robert, ET AL. **Medio ambiente y Desarrollo Sostenible: Más Allá Del Informe Brundtland.** Editorial Trotta Unesco, 1992.

LEFF, Enrique. **Discursos Sustentáveis** (páginas 55 a 94). Tradução Silvana Cobucci Leite. Ed. Cortez, São Paulo, 2010.

NOBRE, Carlos Afonso. **Fundamentos científicos das mudanças climáticas.** São José dos Campos, SP: Rede Clima/INPE. 2012. 44p.

NOBRE, Carlos Afonso. Et al. **Relatório No. 6 Mudanças Climáticas e possíveis alterações nos Biomas da América do Sul.** CPTEC/INPE IAE/CTA São Paulo, 2007. Disponível em: <http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/> Acesso em: 27 dez 2019.

OLIVEIRA, Mariane Arantes Rocha de. Tradutora. **Sumário para Formuladores de Políticas Públicas.** Versão em português, publicada pelo MCTIC, julho de 2019, Brasil.Original, em inglês, publicado pelo IPCC em outubro de 2018, Suíça. A versão eletrônica está disponível em: www.ipcc.ch Acesso em: jan. 2020.

ONU - Conferência das Nações Unidas para o Clima, **Discurso de Greta Thunberg na COP24,** Polônia, 2018. Disponível em: <https://www.iberdrola.com/compromisso-social/greta-thunberg-compromisso-ambiental> Acesso em: dez. 2019.

ONU NEWS – Cúpula sobre o Clima. **Discurso de Greta Thunberg,** Sede das Nações Unidas, New York, setembro 2019. Disponível em: <https://news.un.org/pt/story/2019/09/1688042> Acesso em: 06 dez.2019.

- Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC). - **Discurso de Greta Thunberg na COP 25,** Madrid, 2019. Disponível em <https://news.un.org/pt/story/2019/12/1697531> Acesso em: 27 nov.2019.

TOLEDO, Karina. **Quinto relatório do IPCC mostra intensificação das mudanças climáticas**. Agência Fapesp. Londres, 2013. Disponível em: <http://agencia.fapesp.br/quinto-relatorio-do-ipcc-mostra-intensificacao-das-mudancas-climaticas/17944/> Acesso em: 15 dez. 2019.

ZALASIEWICZ Jan. **Science and society of the Anthropocene**: Transition from the Holocene. Science, people & politics, pp. 9-16, Ed. 2 Abr. - Jul. V VIII, 2016. Traduzido de Amin Simaika. Disponível em: <http://www.sciencepeopleandpolitics.com/mag.html> Acesso em: 23 dez.2019.

WWF. (2022). **Relatório Planeta Vivo 2022** – Construindo uma sociedade positiva para a natureza. Almond, R.E.A., Grooten, M., Juffe Bignoli, D. & Petersen, T. (Eds). WWF, Gland, Suíça. Comentários no artigo disponível em: <https://www.ihu.unisinos.br/categorias/623087-relatorio-planeta-vivo-2022-e-o-declinio-da-biodiversidade-artigo-de-jose-eustaquio-diniz-alves>. Acesso em: abril 2023.

LOS HIDROCARBUROS AROMÁTICOS POLICÍCLICOS EN EL PARTICULADO ATMOSFÉRICO: EL CASO DE LA CIUDAD DE PUEBLA

Data de submissão: 19/07/2023

Data de aceite: 01/09/2023

Amado Enrique Navarro Frómata

Universidad Tecnológica de Izúcar de Matamoros. Izúcar de Matamoros, Puebla, México.

<https://orcid.org/0000-0002-4827-0670>

RESUMEN: Se discuten los distintos factores que influyen en la presencia de los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs) en el material particulado atmosférico (MP), sus efectos en la salud humana y la exposición a los mismos. Utilizando la cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas se evalúa el caso de la presencia de 19 HAPs en la ciudad de Puebla durante los años 2008 y 2009, determinados en la fracción PM_{10} de muestras de MP procedentes de la red de monitoreo de la ciudad. Se obtuvieron promedios mensuales en las estaciones de Tecnológico, Agua Santa y Hermanos Serdán de 1.26, 0.78 y 2.47 $ng\ m^{-3}$ respectivamente. El estudio de algunas relaciones de HAPs indica que la fuente principal de los HAPs son las emisiones del tráfico vehicular. Aunque estos valores resultan sensiblemente inferiores a los determinados en la Ciudad de México,

Monterrey y Guadalajara, es necesario tomar medidas para atenuar el impacto del tráfico vehicular en la presencia de los HAPs en el MP de la Zona Metropolitana del Valle de Puebla.

PALABRAS-CLAVE: Contaminación atmosférica, hidrocarburos, ciudad de Puebla.

POLYCYCLIC AROMATIC HYDROCARBONS IN ATMOSPHERIC PARTICULATE: THE CASE OF THE CITY OF PUEBLA

ABSTRACT: The different factors that affect the presence of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in the atmospheric particulate matter (PM), their effects on human health, and exposure to them are discussed. Using gas chromatography coupled with mass spectrometry, the case of the presence of 19 PAHs in the city of Puebla during the years 2008 and 2009, determined in the PM_{10} fraction of PM samples from the city monitoring network, is evaluated. Monthly averages of 1.26, 0.78, and 2.47 $ng\ m^{-3}$ respectively were obtained at the Tecnológico, Agua Santa, and Hermanos Serdán stations. The study of some PAH ratios indicates that the main

source of PAHs is vehicular traffic emissions. Although these values are significantly lower than those obtained in Mexico City, Monterrey, and Guadalajara, actions need to be taken to mitigate the impact of vehicular traffic on the presence of PAHs in the PM of the Valle de Puebla Metropolitan Area.

KEYWORDS: Atmospheric pollution, hydrocarbons, Puebla city

1 | INTRODUCCIÓN

Un aire limpio se considera un derecho humano (UN, 2022). Sin embargo, la contaminación del aire (CA), por causas naturales o derivadas de la actividad humana, representa severos riesgos para los ecosistemas, la salud humana e incluso la economía. En 2019 6-7 millones de muertes se atribuyeron a la CA (Fuller et al., 2022). El impacto económico de la contaminación atmosférica también resulta considerable, por ejemplo en el caso de México, en 2021 los costos atribuibles a la contaminación atmosférica (por degradación), ascendieron a un 2.6% del Producto Interno Bruto (INEGI, 2022).

Los contaminantes en el aire se presentan en la fase gaseosa (FG) o asociados a la mezcla de partículas sólidas y gotas líquidas suspendida en el aire, denominada el material particulado – MP. Estas últimas se clasifican de acuerdo con sus diámetros aerodinámicos expresados en micrones. La vía fundamental de exposición al MP es la inhalación. Ya en el tracto respiratorio la deposición de las partículas es gobernada fundamentalmente por su tamaño, aunque también influyen sus propiedades fisicoquímicas como la higroscopicidad, dada la alta humedad relativa en los pulmones (~ 99.5%), así como factores fisiológicos y anatómicos de los individuos. La fracción de MP con diámetros inferiores a 10 µm (denominada PM₁₀), es la fracción respirable y penetran con efectividad en el sistema respiratorio. Las partículas con diámetros inferiores a 2.5 µm (fracción PM_{2.5}), resultan las más peligrosas pues penetran y se depositan en los bronquiolos y alvéolos pulmonares. Las partículas ultrafinas, hasta de varios nanómetros de diámetro, pueden llegar al torrente sanguíneo. No es descartable la migración de las partículas a otros órganos por diferentes vías (Manigrasso et al., 2020; Phalen et al., 2021).

En este trabajo se exponen algunas consideraciones sobre la presencia de los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs), sus efectos en la salud, la exposición a los mismos en distintos ambientes y los resultados más generales de su determinación en el MP de la ciudad de Puebla colectado en los años 2008 y 2009.

2 | ORIGEN DE LOS HAPS EN EL MP

Los compuestos orgánicos (CO) presentes en el MP y la FG se distribuyen entre ambas fases de acuerdo con su volatilidad: en la FG predominan los CO volátiles y de volatilidad intermedia – COV y COVI, predominando en el MP los semivolátiles, de baja volatilidad y los no volátiles – COSV, COBV y CONV. La clasificación de los compuestos orgánicos de acuerdo con su volatilidad considera la concentración efectiva de saturación

de un compuesto orgánico determinado, C^* , propiedad semiempírica. Cuando la C^* es igual a la concentración del compuesto orgánico en la atmósfera, se distribuye por igual en ambas fases. La escala, en órdenes de magnitud resulta como se expone más abajo, considerando los intervalos que se muestran de C^* , expresados en mg m^{-3} (Donahue et al., 2009).

$$\text{CONV} - 10^{-2} - \text{COBV} - 10^{-1-1} - \text{COSV} - 10^{-2-10^3} - \text{COVI} - 10^6 - \text{COV}$$

Las condiciones meteorológicas: temperatura, precipitaciones, humedad, nubosidad, etc., la estacionalidad e incluso las características del entorno (rural o urbano) también influyen en la distribución de los compuestos orgánicos entre las dos fases (Matos et al., 2021; Zhu et al., 2022; Wang et al., 2023).

Los HAPs, hidrocarburos con 2 o más anillos aromáticos condensados, se presentan generalmente en mezclas complejas de varios cientos de congéneres que abarcan los compuestos que tienen sólo anillos aromáticos, los que presentan sustituyentes alquílicos con cadenas carbonadas cortas (A-HAPs), condensados con anillos alifáticos, así como sus nitro- y oxi-derivados (N-HAPs y O-HAPs), entre los de mayor relevancia. Estos compuestos están ampliamente distribuidos en el ambiente y se forman en la combustión incompleta de la materia orgánica, con un origen fundamentalmente antropogénico: emisiones vehiculares, industriales, quema de biomasa intencional (doméstica y agrícola, entre otras, aunque pueden provenir de fuentes naturales como las emisiones volcánicas y los incendios forestales (Samae et al., 2021; Li y. et al., 2021; Nargis et al., 2022). El amplio intervalo de masas moleculares y la diversidad de estructuras que tienen las mezclas de HAPs, condiciona un amplio espectro de volatilidades y otras propiedades físico-químicas, lo que a su vez determina la distribución entre las fases sólida y gaseosa de cada compuesto individual, su redistribución mediante la sorción-desorción, encapsulamiento y protección de procesos oxidativos, interacción con los microplásticos, así como su transporte por el aire (Akhbarzadeh et al., 2020; Zhu F.J. et al., 2021; Ortiz et al., 2023).

3 I EFECTOS DE LOS HAPS EN LA SALUD HUMANA

La Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (USEPA) ha clasificado a 16 HAPs como prioritarios (entre paréntesis se indican sus abreviaturas): Acenafteno (Ace); Acenaftileno (Acy); Antraceno (Ant); Benzo[a]antraceno (BaA); Benzo[a]pireno (BaP); Benzo[b]fluoranteno (BbF); Benzo[k]fluoranteno (BkF); Benzo[g,h,i] perileno (BghiP); Criseno (Cry); Dibenzo [a,h] antraceno (DahA); Fenantreno (Fen); Fluoranteno (Flu); Fluoreno (Fl); Indeno[1,2,3-cd]pireno (IcdP); Naftaleno (Naf); Pireno (Pyr).

La toxicidad de los HAPs varía desde compuestos que no son tóxicos hasta compuestos extremadamente tóxicos, lo que guarda relación con su estructura y propiedades fisicoquímicas. Muchos presentan acción mutagénica, carcinogénica y teratogénica, lo que explica la atención que se presta a su presencia en el MP. Por supuesto, la mayor

preocupación está relacionada con su incidencia en el cáncer, aunque presentan otros efectos, además de las enfermedades respiratorias, en las cardiovasculares, afectan a los más vulnerables como los niños y, aspecto muy preocupante, también afectan, a través de la exposición de las mujeres embarazadas, a los niños en su nacimiento (IARC, 2010; McGuinn et al., 2020; Alhmdow et al., 2021; Li K. et al., 2021; Dehghani et al., 2022; Najurudeen et al., 2023). Para evaluar la toxicidad de las mezclas de HAPs se utilizan los Factores de Equivalencia de Toxicidad de los distintos HAPs (TEF, del inglés Toxicity Equivalency Factors). Los mismos expresan la concentración equivalente de benzo[a]pireno que tiene el mismo efecto cancerígeno que un HAP dado (Ishtiaq et al., 2021; Gbeddy et al., 2021). Los valores de los TEFs evolucionan según se acumula nueva evidencia científica y desarrollan métodos de cálculo. Según la evaluación de la USEPA para algunos PAHs, hecha en 1993 (USEPA, 2010), sus TEFs son: BaA 10^{-1} ; BaP 1; BbF 10^{-1} ; BkF 10^{-2} ; BghiP 10^{-2} ; Cry 10^{-3} ; DahA 1; IcdP 10^{-1} . La concentración de toxicidad equivalente (TEQ) se obtiene sumando los productos de la concentración de cada HAP (C_i), por su TEF:

$$TEQ = \sum C_i \times TEF_i.$$

En la actualidad se considera necesario un enfoque multidisciplinario para evaluar el efecto de los HAPs, más allá de los TEF (Haber, 2022).

4 I LA EXPOSICIÓN A LOS HAPS

La metodología para la evaluación de los riesgos a la salud humana por la exposición a sustancias químicas comprende los siguientes pasos en secuencia (OMS, 2017): **Análisis de los datos → evaluación de la exposición → evaluación de la toxicidad → caracterización de los riesgos.**

Definiendo la exposición como el evento en que una persona entra en contacto con un contaminante que se encuentra a una cierta concentración durante un cierto período de tiempo y tomando en cuenta la “ruta ambiental” para que esto ocurra (OMS, 2021), es evidente que muchos factores, lugar en que se habita y/o trabaja; condiciones de desarrollo del país, región o comunidad; grupo poblacional al que se pertenece; tiempo que se dedica a una actividad en un microambiente determinado, entre otros factores, determinarán la exposición a los HAPs y consecuentemente las dosis de los mismos y sus efectos en la salud.

Fuente→Emisiones→Concentraciones→Exposición→Dosis→Efectos

Al final, la determinación de la presencia de sustancias nocivas en las personas expuestas a los HAPs constituye la evidencia concluyente de la exposición y sustenta la evaluación de los riesgos o efectos asociados. Por ello se utilizan biomarcadores como el 1-hidroxi pireno, un metabolito del pireno que se detecta en la orina, como un indicador de

la exposición ocupacional y ambiental a los HAPs en humanos, así como bioensayos para evaluarlas y hallar su relación con otros factores que intervienen en la ruta de exposición (Famiyeh et al., 2021; Zhu H. et al., 2021).

La mayor exposición a los HAPs presentes en el MP tiene lugar, lógicamente, en los microambientes donde más tiempo las personas desarrollan sus actividades. Los mismos pueden clasificarse de acuerdo con su inclusión en uno o más de los siguientes criterios (OMS, 2021):

- Ambientes exteriores o interiores;
- Entorno urbano o rural;
- Desarrollo – países desarrollados y en desarrollo.

En los ambientes interiores donde las personas, pasan cerca de un 90% de su tiempo, los HAPs provienen tanto de distintos materiales presentes en las edificaciones, incluyendo el polvo, como del intercambio entre el aire en espacios cerrados con el exterior y viceversa, especialmente en zonas densamente pobladas. Además, miles de millones de personas tienen que recurrir a los combustibles sólidos para atender sus necesidades de calentamiento, preparación de alimentos e iluminación. Esto no concierne sólo a los países con menor desarrollo, pues en los países desarrollados las familias y comunidades con menores posibilidades económicas también se ven afectadas y, en general, en todo el mundo la población rural se ve afectada por la presencia de los HAPs derivados de la quema de biomasa en interiores, especialmente en el invierno. Debe considerarse la vulnerabilidad de los niños a estos contaminantes ya que sus sistemas aún no están plenamente desarrollados y presentan una inhalación y ritmo metabólico mayor por unidad de masa corporal (Stanišić et al., 2021; Wang et al., 2021; Yang et al., 2021; Hisamuddin et al., 2022).

Considerando que el tráfico vehicular es la mayor fuente de emisión de HAPs y sus derivados a la atmósfera, las emisiones de industrias en las ciudades y que el paisaje urbano con su topografía peculiar y microclimas contribuye a una pobre dispersión de los HAPs (Slezakova et al., 2013; Di Gilio et al., 2020), en el entorno urbano se tienen niveles de fondo que contribuyen a los riesgos a la salud inherentes a estos hidrocarburos. La microlocalización de la vivienda también resulta un factor importante como lo demuestran estudios realizados en las cercanías de plantas industriales e incluso restaurantes que preparan determinados alimentos, donde se observa un incremento del ILCR (Incremental Lifetime Cancer Risk), o sea el incremento de probabilidad de padecer cáncer a lo largo de una vida de 70 años (Zhu J. et al., 2019; Yang et al., 2021). El ILCR se calcula multiplicando la TEQ por el factor 8.7×10^{-5} que es la unidad de riesgo de cáncer por inhalación de 1 ng m^{-3} de TEQ de BaP (Ishtiaq et al., 2021).

Los factores ocupacionales también resultan de importancia en la exposición a los HAPs. La permanencia en ambientes de alta exposición constituye un factor de riesgo

como por ejemplo son los casos de los oficiales de tráfico para el caso de las emisiones vehiculares y los que trabajan cocinando, especialmente si preparan alimentos fritos (Ledda et al., 2018; Petit et al., 2019; Wu et al., 2019).

Aunque la inhalación es una ruta de entrada importante de los HAPs al organismo humano, el consumo de alimentos con estos compuestos es una ruta significativa de exposición a los mismos. Esto está relacionado también con el MP pues en los niveles de HAPs en los alimentos no sólo influye el contacto con materiales que los contengan (empaques contaminados, aceites no comestibles, etc.), sino también la deposición e incorporación, a partir de la FG de los mismos, en las plantas con lo que se incorporan a la cadena trófica humana, además de procesos tecnológicos como el ahumado y el freído en la preparación de los alimentos, lo que incide en mayores riesgos a contraer cáncer en órganos del tracto digestivo (Aamir et al., 2021; Sampaio et al., 2021).

5 | HAPS EN EL PARTICULADO DE LA CIUDAD DE PUEBLA DURANTE 2008-2009

5.1 Materiales y Métodos

Muestras. El PM₁₀ en la zona norte, centro poniente, noreste y sur de la Ciudad se colectó en cuatro sitios diferentes utilizando equipos automáticos de bajo volumen ubicados en las estaciones de la Red Estatal de Monitoreo Ambiental (REMA) de la Ciudad de Puebla: Tecnológico (T, Latitud: 19° 04' 18"; Longitud: 98° 05' 32"; Altitud: 2216.5 msnm), Hermanos Serdán (HS, Latitud: 19° 03' 46"; Longitud: 98° 13' 18"; Altitud: 2180.8 msnm), Ninfas (N, Latitud: 19° 02' 29"; Longitud: 98° 12' 51"; Altitud: 2136.4 msnm) y Agua Santa (AS, Latitud: 18° 59' 15"; Longitud: 98° 15' 01"; Altitud: 2182 msnm). El volumen que pasa por la sección de impacto en la cinta, de forma circular, corresponde a 24 m³, colectando 1 m³ h⁻¹. El muestreo se realizó de enero a diciembre de 2008 y 2009. En el año 2009 no se recibieron muestras de la estación Ninfas. En total se analizaron 126 muestras, 54 del 2008 y 72 del 2009. Además se procesaron 35 muestras aleatorias tomando las partes más limpias de las cintas, en el exterior de los círculos, que se etiquetaron como blancos.

Las áreas de impacto fueron cuidadosamente recortadas con tijeras de acero inoxidable, previamente lavadas con diclorometano grado HPLC (DCM). Los círculos se agruparon por semana y se almacenaron a -4°C hasta el momento de su manipulación en laboratorio.

Extracción de las muestras. El procedimiento de extracción y limpieza de las muestras está descrito en la literatura (van Drooge et al., 2010), adoptándose con pequeñas modificaciones. Brevemente, las muestras se salpicaron con d-acenafteno, d-fenantreno, d-criseno, y d-perileno (100 ng de cada uno), para evaluar recobrados. A continuación se extrajeron con ultrasonido (3x20 min) con 20 mL de DCM-metanol (2:1 v/v), combinando los extractos, que fueron filtrados con filtros de teflón con un tamaño de poro de 0.45 µm y concentrados por rotoevaporación hasta aproximadamente 0.5 mL. El extracto fue

limpiado en una columna de 2g de alúmina activada a 150°C durante 12hr y 1cm de sulfato de sodio anhidro activado a 150°C durante 1hr, eluyendo sucesivamente con 10 ml de hexano:DCM (9:1 v/v) y 15 mL de hexano:DCM (1:2 v/v), colectando juntos ambos eluatos que nuevamente se concentraron hasta 0.5 ml y se trasvasaron a un vial, donde con flujo suave de N₂ se evaporó el exceso de solvente hasta casi sequedad, las muestras se reconstituyeron con 50 µl de isooctano y se guardaron a -4°C hasta ser analizadas.

Análisis cromatográfico. Justo antes del análisis se añadieron a las muestras 25 µl del estándar interno d-pireno a 4 ng µl⁻¹ para la corrección de inestabilidades del equipo y se completaron con 25 µl de isooctano hasta un volumen de 100 µl de los cuales se inyectaron 2 µl. Para el análisis de los HAPs se utilizó un Cromatógrafo de Gases AutoSystem XL acoplado a un Espectrómetro de Masas Turbomass (Perkin Elmer). Se utilizó una columna capilar DB-5MS (J&W) de 30 m de longitud x 0.25 mm de diámetro interno x 0.25 µm de espesor de fase. La inyección se realizó en el modo split/splitless con la válvula cerrada durante 1 minuto (relación de Split 20:1). Como gas portador se utilizó helio (1ml min⁻¹). El horno del cromatógrafo de gases se programó a una temperatura inicial de 100°C permaneciendo ahí 1 min; presentando una rampa de 20°C min⁻¹ hasta 290°C, seguida de una segunda rampa que incrementa 4°C min⁻¹ hasta 310°C; y una tercera rampa que incrementa 8°C min⁻¹ hasta 330°C, permaneciendo ahí 7min en modo isotérmico, completando 24 minutos de corrida. El espectrómetro de masas fue operado en modo de impacto electrónico, con una temperatura de la interfase con el cromatógrafo de 280°C y una temperatura similar de la fuente. El análisis de los HAPs bajo estudio se realizó mediante registro selectivo de iones, utilizando 5 ventanas de tiempo de retención y utilizando iones de cuantificación y confirmación para cada HAP: Naf (128,102); Acy (152,150); Ace(154,152); Fl (166,165); Fen (178,176); Ant (178,176); Flu y Pyr (202,200); BaA y Cry (228,226); BbF, BkF, BaP (252,250); IcdP y BghiP (276,274) y DahA (278,276). También se incluyeron iones de cuantificación e identificación para los A-HAPs, el dibenzotiofeno y sus derivados alquilados y el ión con m/z 85 en todas las ventanas para la cuantificación de los alcanos. La cuantificación de los HAPs se realizó utilizando curvas de calibración de 8 puntos con una mezcla de estos, con un R²>0.99 en todos los casos.

El análisis estadístico se realizó con el paquete Statistica v10 (Statsoftware).

5.2 Resultados

Los recobrados de los compuestos deuterados estuvieron entre 80 y 105 % por lo que se consideraron aceptables.

En las condiciones cromatográficas utilizadas, no se alcanzó una resolución de los picos correspondientes al benzo[b]- y benzo[k]fluoranteno que permitiera su cuantificación independiente, por lo que sus concentraciones se reportan de manera conjunta.

En la tabla 1 se muestran los estadísticos más importantes de los HAPs analizados durante los años 2008 y 2009. Se incluyen el benzo[e]pireno, el perileno y el coroneno, que también fueron cuantificados. Se resaltan en negritas los valores que presentaron mayor

cambio entre los dos años en la columna correspondiente al año en que se obtuvo el mayor valor.

Como se puede apreciar, excepto para el DahA, las concentraciones de los HAPs de la combustión, que a su vez son los más peligrosos para la salud humana, duplicaron su concentración en el año 2009 con respecto a las del año 2008. Considerando los TEFs, los resultados promedio dan un incremento de la concentración equivalente de BaP de 66 pg m⁻³ en 2008 a 114 pg m⁻³ en 2009. Ambas concentraciones exceden el valor de 12 pg m⁻³ correspondiente a un exceso de riesgo de contraer cáncer de 1 en 1 millón.

Los valores promedio mensuales de la suma de las concentraciones de los HAPs en el año 2009 fueron (Estación, media±desviación estándar): T, 1262±667; AS, 775±711; HS, 2469±1416. Se observaron los mayores valores para las dos primeras estaciones en la estación de invierno (diciembre-enero) y para la estación HS en la época de lluvias (mayo septiembre), aunque con un ligero incremento en los meses de diciembre y enero. Esto puede estar relacionado con la intensificación del trafico vehicular en los períodos mencionados.

HAP	2008				2009			
	Media±EEM	Min	Max	DesvE	Media±EEM	Min	Max	DesvE
Naf	369±48	0	1056	331	203±34	0	1472	285
Acy	30±3	0	79	24	32±4	5	234	33
Ace	39±6	0	247	42	37±6	5	315	48
Fl	105±10	5	294	74	54±13	2	941	111
Phe (135)	91±5	31	252	40	114±9	18	366	73
Ant (21)	19±2	0	85	14	17±2	2	100	13
Flu (253)	64±5	12	189	38	102±11	15	505	96
Pyr (322)	55±5	8	193	39	98±11	13	446	95
BaA (175)	9±2	0	73	12	13±3	0	145	23
Chr (234)	55±6	13	175	41	97±11	19	480	94
BbkF (945)	234±30	18	976	221	462±58	36	2482	496
BeP (601)	71±10	6	339	77	167±24	14	1019	205
BaP (357)	35±6	2	202	46	77±12	4	479	106
Per (74)	26±4	0	112	27	40±3	4	109	23
Antantreno	15±2	0	77	15	22±2	0	88	18
IcdP (896)	32±5	0	178	35	55±7	0	282	56
DahA (46)	15±5	0	193	34	7±1	0	33	7
BghiP (1856)	58±9	0	354	68	113±14	0	579	118
Cor (1077)	21±5	0	195	35	23±3	0	155	30

Notas: Entre paréntesis se indican las medianas de ls concentraciones obtenidas en la Ciudad de México en el año 2002 (Amador-Muñoz et al., 2013). Las abreviaturas están referidas en el texto excepto: BeP – Benzo[e]Pireno; Per – Perileno y Cor – Coroneno; EEM – error estándar de la media.

Tabla 1. Estadística descriptiva de los HAPs estudiados (elaboración propia).

La comparación de los resultados de la ciudad de Puebla con otras urbes de México muestra que los valores medios obtenidos resultan inferiores a las medianas obtenidas en la Ciudad de México en el año 2002, la primavera de 2016 y 2016-2017 (Amador-Muñoz et al., 2013; Ladino et al., 2018; Amador-Muñoz et al., 2019), siendo muy inferiores para los PAHs de mayor peso molecular. Asimismo, son menos de un 50% de los valores reportados para la ciudad de Guadalajara, determinados en 2009-2010 (Murillo-Tovar et al., 2018). De manera similar, son inferiores prácticamente en un orden de magnitud a las reportadas para la ciudad de Monterrey, determinadas mediante el análisis de las partículas totales durante 2017-2018 (López-Ayala et al., 2019). Las concentraciones de BaP, también resultan inferiores a las detectadas en una estación localizada en un sitio de tráfico fuerte de Florencia, Italia, medidas entre marzo del 2009 y marzo del 2010 – época fría 1000, época caliente 210 (Martellini et al., 2012) y similares a las encontradas en una estación localizada en una zona suburbana de Madrid entre enero del 2008 y febrero del 2009, 67.5 (Barrado et al., 2013).

La distribución espacial de los niveles de algunos HAPs más importantes desde el punto de vista del riesgo (Figura 1), así como de las concentraciones totales de los diferentes tipos de compuestos estudiados, muestran que las concentraciones encontradas se sitúan en el orden HS>T>AS. Esto indica que la proximidad a las zonas de intenso tráfico vehicular es el factor de mayor incidencia en los niveles de HAPs encontrados.

Para valorar las posibles fuentes emisoras de los HAPs, se determinaron algunas relaciones de concentraciones que comúnmente se utilizan para ello (relación y entre paréntesis valores típicos para determinadas fuentes) (Alves, 2008): **I. IcdP/(BghiP+IcdP)** (gasolina – 0.18; diésel – 0.37); **II. BeP/(BeP+BaP)** (gasolina – 0.6-0.8; diésel 0.7); **III. Flt/(Flt+Pyr)** (gasolina – 0.4; diésel – 0.6-0.7); polvo de carretera – 0.54); Los valores obtenidos fueron los siguientes: (relación: estación valor 2008/valor 2009):

I: T(0.35/0.34), A(0.37/0.35), HS(0.31/0.30), N (0.38); **II:** T(0.62/0.76), A(0.74/0.74), HS (0.64/0.65), N(0.73); **III:** T(0.57/0.55), A(-/0.52); HS(0.49/0.49). Estos resultados señalan al tráfico vehicular como la fuente más probable de emisión de estos compuestos, lo que permite explicar el orden señalado anteriormente para los niveles de HAPs por estación de monitoreo. El hecho de que la estación de Hermanos Serdán (cercana a la autopista México-Puebla), presente mayores valores que la del Tecnológico (cercana a la Autopista Puebla-Veracruz), puede estar relacionado con la mayor afluencia de vehículos desde y hacia la ciudad de México, comparada con la de vehículos que circulan desde y hacia Veracruz.

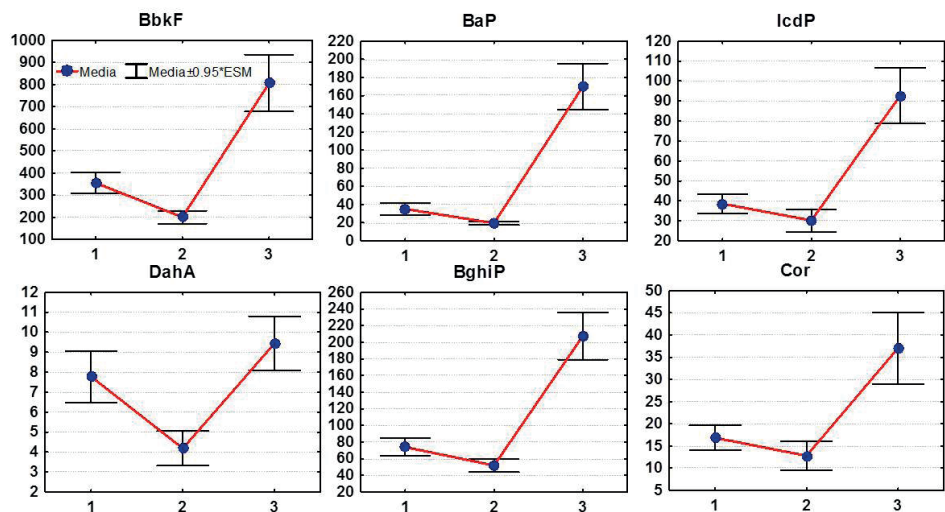


Figura 1. Concentraciones de algunos HAPs en las estaciones estudiadas en 2009 (1 – T; 2 – AS; 3 – HS).

Otro aspecto interesante es la elevada concentración de A-HAPs. En un proceso netamente pirolítico sus concentraciones deben ser mínimas comparadas con la del compuesto no sustituido. Sin embargo en todas las muestras fueron detectadas las familias de los alquil-naftalenos y alquil-fenantrenos, con un máximo de concentración para los C1-naftalenos y C2-fenantrenos en sus series respectivas. Este hecho, nos indica que en las emisiones hay una cantidad considerable de combustible sin quemar, fundamentalmente de sus fracciones ligeras, por lo que se concluye que la eficiencia de la combustión no es adecuada. Relacionado con esto, se detectaron perfiles de n-alcanos, en las muestras de los dos años, similares a los de un derivado del petróleo de amplio rango (ver la figura 2), con una curva de compuestos no resueltos característica de emisiones de fuentes petrogénicas. En estos perfiles se observó también la preponderancia de n-alcanos con número impar de átomos de carbono (todas las muestras presentaron un índice de preferencia de carbono >1). Esto indica que no se pueden descartar aportes biogénicos (que pueden estar relacionados con la quema de biomasa), a las emisiones de hidrocarburos en la ciudad de Puebla.

La presencia del dibenzotiofeno y sus alquil-derivados en las muestras, indica el impacto de emisiones de fuentes que utilizan combustible con algún contenido de azufre, posiblemente diesel, lo que indica de nuevo al tráfico vehicular como principal emisor de HAPs.

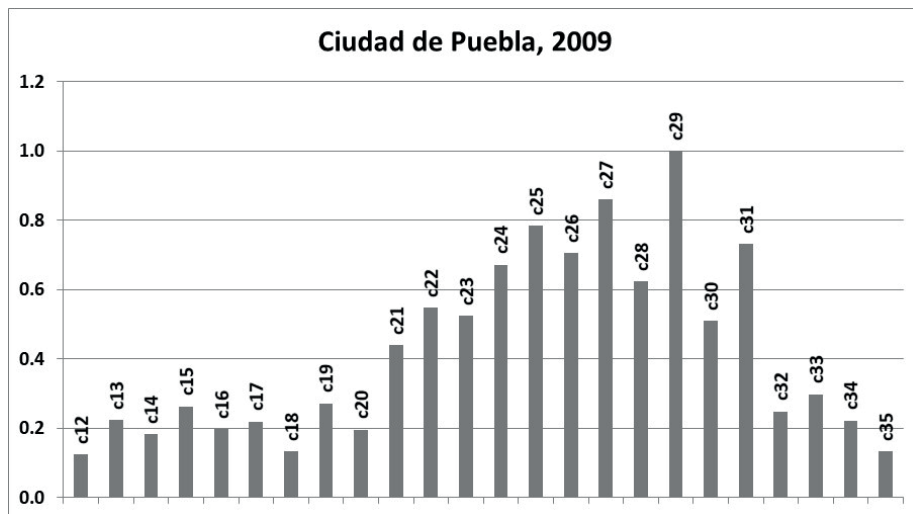


Figura 2. Perfil de los n-alcenos.

Los resultados obtenidos indican que, si bien no hay en la Ciudad de Puebla valores de los HAPs tan elevados como en otras ciudades con mayores niveles de contaminación, es necesario seguir prestando atención a este importante aspecto que incide en la calidad de vida de sus habitantes, mantener informada a la población y elaborar políticas públicas que junto a medidas de las autoridades pueden disminuir la emisión, exposición y riesgos a la salud, como ha sido demostrado en ciudades con graves problemas de esta índole (Jia et al., 2011).

CONCLUSIONES

La presencia de los HAPs en las fracciones respirables del particulado atmosférico está asociada a diversos efectos negativos en la salud humana, relacionadas principalmente con afecciones cancerígenas.

Los niveles detectados en este estudio en la ciudad de Puebla se relacionan principalmente con las emisiones del tráfico vehicular. Aunque resultan inferiores a los de otras grandes urbes de México, su incremento en el año 2009 con respecto al 2008 y el hecho de exceder un ILCR de 1 en un millón, alertan sobre la necesidad de elaborar políticas públicas y medidas para atenuar el impacto de las emisiones de HAPs.

REFERENCIAS

Aamir, M., Yin, S., Liu, Y., Ullah, H., Khan, S., & Liu, W. (2021). *Dietary exposure and cancer risk assessment of the Pakistani population exposed to polycyclic aromatic hydrocarbons. Science of The Total Environment*, 143828. doi:10.1016/j.scitotenv.2020.1438

Akhbarizadeh, R., Dobaradaran, S., Torkmahalleh, M. A., Saeedi, R., Aibaghi, R., & Ghasemi, F. F. (2020). Suspended fine particulate matter (PM_{2.5}), microplastics (MPs), and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in air: Their possible relationships and health implications. *Environmental Research*, 110339. DOI: 10.1016/j.envres.2020.110339

Alhamdow, A., Zettergren, A., Kull, I., Hallberg, J., Andersson, N., Ekström, S., ... Bergström, A. (2021). *Low-level exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons is associated with reduced lung function among Swedish young adults. Environmental Research*, 197, 111169. DOI: 10.1016/j.envres.2021.111169

Alves, C. A. (2008). *Characterisation of solvent extractable organic constituents in atmospheric particulate matter: an overview. Anais Da Academia Brasileira de Ciências*, 80(1), 21–82. doi:10.1590/s0001-37652008000100003

Amador-Muñoz, O., Bazán-Torija, S., Villa-Ferreira, S. A., Villalobos-Pietrini, R., Bravo-Cabrera, J. L., Munive-Colín, Z., ... Murillo-Tovar, M. A. (2013). *Opposing seasonal trends for polycyclic aromatic hydrocarbons and PM₁₀: Health risk and sources in southwest Mexico City. Atmospheric Research*, 122, 199–212. doi:10.1016/j.atmosres.2012.10.00

Amador-Muñoz, O., Martínez-Domínguez, Y. M., Gómez-Arroyo, S., & Peralta, O. (2019). *Current Situation of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAH) in PM_{2.5} in a Receptor Site in Mexico City and Estimation of Carcinogenic PAH by Combining Non-Real-Time and Real-Time Measurement Techniques. Science of The Total Environment*, 134526. doi:10.1016/j.scitotenv.2019.1345

Barrado, A. I., García, S., Castrillejo, Y., & Barrado, E. (2013). *Exploratory data analysis of PAH, nitro-PAH and hydroxy-PAH concentrations in atmospheric PM₁₀-bound aerosol particles. Correlations with physical and chemical factors. Atmospheric Environment*, 67, 385–393. doi:10.1016/j.atmosenv.2012.10.03

Dehghani, S., Fararouei, M., Rafiee, A., Hoepner, L., Oskoei, V., & Hoseini, M. (2022). *Prenatal exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons and effects on neonatal anthropometric indices and thyroid-stimulating hormone in a Middle Eastern population. Chemosphere*, 286, 131605. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2021.131605

Di Gilio, A., Palmisani, J., Trizio, L., Saracino, G., Giua, R., & de Gennaro, G. (2020). *Total p-PAH Levels Nearby a Complex Industrial Area: A Tailored Monitoring Experiment to Assess the Impact of Emission Sources. Atmosphere*, 11(5), 469. doi:10.3390/atmos11050469

Donahue, N.M., Robinson, A.L., Pandis S.N., (2009). Atmospheric organic particulate matter: From smoke to secondary organic aerosol. *Atmospheric Environment*, 43, 94 –106. DOI: 10.1016/j.atmosenv.2008.09.055.

Famiyeh, Lord, Chen, K., Xu, J., Sun, Y., Guo, Q., Wang, C., ... He, J. (2021). *A review on analysis methods, source identification, and cancer risk evaluation of atmospheric polycyclic aromatic hydrocarbons. Science of The Total Environment*, 789, 147741. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.1477

Fuller, R., Landrigan, P. J., Balakrishnan, K., Bathan, G., Bose-O'Reilly, S., Brauer, M., Caravanos, J., Chiles, T., Cohen, A., Corra, L., Cropper, M., Ferraro, G., Hanna, J., Hanrahan, D., Hu, H., Hunter, D., Janata, G., Kupka, R., Lanphear, B., ... Yan, C. (2022). *Pollution and health: A progress update. The Lancet Planetary Health*, 6(6). [https://doi.org/10.1016/s2542-5196\(22\)00090-0](https://doi.org/10.1016/s2542-5196(22)00090-0)

Gbeddy, G., Egodawatta, P., Goonetilleke, A., Ayoko, G., & Chen, L. (2019). *Application of quantitative structure-activity relationship (QSAR) model in comprehensive human health risk assessment of PAHs, and alkyl-, nitro-, carbonyl-, and hydroxyl-PAHs laden in urban road dust. Journal of Hazardous Materials, 121154*. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2019.121154

Haber, L. T., Pecquet, A. M., Vincent, M. J., & White, L. M. (2022). The Long Goodbye: Finally Moving on from the Relative Potency Approach to a Mixtures Approach for Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs). *International journal of environmental research and public health, 19*(15), 9490. <https://doi.org/10.3390/ijerph19159490>

Hisamuddin, N. H., & Jalaludin, J. (2022). Children's exposure to polycyclic aromatic hydrocarbon (pahs): A review on urinary 1-hydroxypyrene and associated health effects. *Reviews on Environmental Health, 38*(1), 151–168. <https://doi.org/10.1515/reveh-2021-0013>

IARC, (2010). *IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans*. Volume 92. Some non-heterocyclic polycyclic aromatic hydrocarbons and some related exposures. Lyon: International Agency for Research on Cancer; 2010. Disponible en: <https://publications.iarc.fr/110>

INEGI, 2022. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Cuentas Económicas y Ecológicas de México 2021. Comunicado de Prensa 717/22, 01/12/2022. Disponible en <https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2022/CEEM/CEEM2021.pdf>.

Ishtiaq, J., Syed, J. H., Jadoon, W. A., Hamid, N., Iqbal Chaudhry, M. J., Shah Nawaz, M., ... Zhang, G. (2021). *Atmospheric polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) at urban settings in Pakistan: Spatial variations, sources and health risks. Chemosphere, 274, 129811*. doi:10.1016/j.chemosphere.2021.12

Jia, Y., Stone, D., Wang, W., Schrlau, J., Tao, S., & Simonich, S. L. M. (2011). *Estimated Reduction in Cancer Risk due to PAH Exposures If Source Control Measures during the 2008 Beijing Olympics Were Sustained. Environmental Health Perspectives, 119*(6), 815–820. doi:10.1289/ehp.1003100

Ladino, L. A., Raga, G. B., & Baumgardner, D. (2018). *On particle-bound polycyclic aromatic hydrocarbons (PPAH) and links to gaseous emissions in Mexico city. Atmospheric Environment, 194, 31–40*. doi: 10.1016/j.atmosenv.2018.09.02

Ledda, C., Loreto, C., Bracci, M., Lombardo, C., Romano, G., Cinà, D., ... Rapisarda, V. (2018). *Mutagenic and DNA repair activity in traffic policemen: a case-crossover study. Journal of Occupational Medicine and Toxicology, 13*(1). doi:10.1186/s12995-018-0206-9

Li, K., Yin, R., Wang, Y., & Zhao, D. (2021). *Associations between exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons and metabolic syndrome in U.S. adolescents: Cross-sectional results from the National Health and Nutrition Examination Survey (2003–2016) data. Environmental Research, 202, 111747*. DOI: 10.1016/j.envres.2021.111747

Li, Y., Wu, Y., Xu, J., Wu, A., Zhao, Z., Tong, M., & Luan, S. (2021). *Chemical characterization of particulate organic matter from commercial restaurants: Alkyl PAHs as new tracers for cooking. Science of The Total Environment, 770, 145308*. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.145308

López-Ayala, O., González-Hernández, L.-T., Alcantar-Rosales, V.-M., Elizarragaz-de la Rosa, D., Heras-Ramírez, M.-E., Silva-Vidaurre, L.-G., ... Gaspar-Ramírez, O. (2019). *Levels of polycyclic aromatic hydrocarbons associated with particulate matter in a highly urbanized and industrialized region in northeastern Mexico. Atmospheric Pollution Research. doi:10.1016/j.apr.2019.06.006*

- Manigrasso, M., Costabile, F., Liberto, L. D., Gobbi, G. P., Gualtieri, M., Zanini, G., & Avino, P. (2020). *Size resolved aerosol respiratory doses in a Mediterranean urban area: From PM10 to ultrafine particles*. *Environment International*, 141, 105714. DOI: 10.1016/j.envint.2020.105714
- Martellini, T., Giannoni, M., Lepri, L., Katsoyiannis, A., & Cincinelli, A. (2012). *One year intensive PM2.5 bound polycyclic aromatic hydrocarbons monitoring in the area of Tuscany, Italy. Concentrations, source understanding and implications*. *Environmental Pollution*, 164, 252–258. doi:10.1016/j.envpol.2011.12.040
- Matos, J., Silveira, C., & Cerqueira, M. (2021). *Particle-bound polycyclic aromatic hydrocarbons in a rural background atmosphere of southwestern Europe*. *Science of The Total Environment*, 787, 147666. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.1476
- McGuinn, L. A., Bellinger, D. C., Colicino, E., Coull, B. A., Just, A. C., Kloog, I., ... Horton, M. K. (2020). *Prenatal PM2.5 exposure and behavioral development in children from Mexico City*. *NeuroToxicology*, 81, 109–115. doi:10.1016/j.neuro.2020.09.036
- Murillo-Tovar, M., Barradas-Gimate, A., Arias-Montoya, M., & Saldarriaga-Noreña, H. (2018). *Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) Associated with PM2.5 in Guadalajara, Mexico: Environmental Levels, Health Risks and Possible Sources*. *Environments*, 5(5), 62. doi:10.3390/environments5050062
- Najurudeen, N. A., Khan, M. F., Suradi, H., Mim, U. A., Raim, I. N., Rashid, S. B., Latif, M. T., & Huda, M. N. (2023). *The presence of polycyclic aromatic hydrocarbons (pahs) in air particles and estimation of the respiratory deposition flux*. *Science of The Total Environment*, 878, 163129. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.163129>
- Nargis, A., Habib, A., Zhao, S., Nigar, R., Liu, X., Zhang, G., & Cai, M. (2022). *Monitoring of atmospheric polycyclic aromatic hydrocarbons by polyurethane foam-passive air samplers in Bangladesh: Source apportionment and Health Risk Assessment*. *Atmospheric Environment*, 289, 119346. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2022.119346>
- OMS, (2017). *Herramienta de evaluación de riesgos para la salud humana de la OMS: peligros químicos*. Ginebra: Organización Mundial de la Salud; 2017 (Documento n°. 8 del Proyecto de armonización del IPCS). Licencia: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. Disponible en: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/255613>
- OMS, (2021). *WHO global air quality guidelines. Particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide*. Geneva: World Health Organization; 2021. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
- Ortiz, J. E., Sánchez-Palencia, Y., Gallego, J. L. R., Borrego, Á. G., Baragaño, D., & Torres, T. (2023). *Deposition of atmospheric polycyclic aromatic hydrocarbons in rural areas: Current data and historical record from an ombrotrophic peatland*. *International Journal of Coal Geology*, 268, 104199. <https://doi.org/10.1016/j.coal.2023.104199>
- Petit, P., Maître, A., Persoons, R., & Bicout, D. J. (2019). *Lung cancer risk assessment for workers exposed to polycyclic aromatic hydrocarbons in various industries*. *Environment International*, 124, 109–120. doi:10.1016/j.envint.2018.12.058
- Phalen, R. F., Hoover, M. D., Oldham, M. J., Schmid, O., & Golshahi, L. (2021). *Anatomical considerations for inhaled aerosol deposition modeling: Methods, applications, challenges and opportunities*. *Journal of Aerosol Science*, 156, 105786. DOI: 10.1016/j.jaerosci.2021.10578

Rengarajan, T., Rajendran, P., Nandakumar, N., Lokeshkumar, B., Rajendran, P., & Nishigaki, I. (2015). *Exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons with special focus on cancer. Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 5(3), 182–189. DOI: 10.1016/s2221-1691(15)30003-4

Samae, H., Tekasakul, S., Tekasakul, P., & Furuuchi, M. (2021). Emission factors of ultrafine particulate matter (PM<0.1 µm) and particle-bound polycyclic aromatic hydrocarbons from biomass combustion for source apportionment. *Chemosphere*, 127846. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2020.127846

Sampaio, G. R., Guizellini, G. M., da Silva, S. A., de Almeida, A. P., Pinaffi-Langley, A. C. C., Rogero, M. M., ... Torres, E. A. F. S. (2021). *Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Foods: Biological Effects, Legislation, Occurrence, Analytical Methods, and Strategies to Reduce Their Formation. International Journal of Molecular Sciences*, 22(11), 6010. doi:10.3390/ijms22116010

Slezakova, K., Castro, D., Delerue-Matos, C., Alvim-Ferraz, M. da C., Morais, S., & Pereira, M. do C. (2013). *Impact of vehicular traffic emissions on particulate-bound PAHs: Levels and associated health risks. Atmospheric Research*, 127, 141–147. doi:10.1016/j.atmosres.2012.06.009

Stanišić, S., Perišić, M., Jovanović, G., Miličević, T., Romanić, S. H., Jovanović, A., ... Stojić, A. (2021). *The PM2.5-bound polycyclic aromatic hydrocarbon behavior in indoor and outdoor environments, part I: Emission sources. Environmental Research*, 193, 110520. DOI: 10.1016/j.envres.2020.110520

UN, 2022. The human right to a clean, healthy and sustainable environment: resolution 76_300. UN, New York, 2022-08-01. https://digitallibrary.un.org/record/3983329/files/A_RES_76_300-ES.pdf

USEPA, (2010). Development of a Relative Potency Factor (Rpf) Approach for Polycyclic Aromatic Hydrocarbon (PAH) Mixtures (External Review Draft, Suspended). U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, EPA/635/R-08/012A. Disponible en: https://cfpub.epa.gov/si/si_public_record_report.cfm?Lab=NCEA&dirEntryId=194584

Van Drooge, B. L., Fernández, P., Grimalt, J. O., Stuchlík, E., Torres García, C. J., & Cuevas, E. (2010). *Atmospheric polycyclic aromatic hydrocarbons in remote European and Atlantic sites located above the boundary mixing layer. Environmental Science and Pollution Research*, 17(6), 1207–1216. doi:10.1007/s11356-010-0296-0

Wang, M., Jia, S., Lee, S. H., Chow, A., & Fang, M. (2021). *Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in indoor environments are still imposing carcinogenic risk. Journal of Hazardous Materials*, 124531. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2020.124531

Wang, S.-Q., Hu, Y.-J., Yuan, Y.-F., Hu, Z.-C., Wu, C.-C., Bao, L.-J., & Zeng, E. Y. (2023). Size-resolved gas-particle partitioning characteristics of typical semi-volatile organic compounds in urban atmosphere. *Environmental Pollution*, 320, 121101. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2023.121101>

Wu, M.-T., Lin, P.-C., Pan, C.-H., & Peng, C.-Y. (2019). *Risk assessment of personal exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons and aldehydes in three commercial cooking workplaces. Scientific Reports*, 9(1). doi:10.1038/s41598-018-38082-5

Yang, L., Zhang, H., Zhang, X., Xing, W., Wang, Y., Bai, P., ... Tang, N. (2021). *Exposure to Atmospheric Particulate Matter-Bound Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Their Health Effects: A Review. International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(4), 2177. doi:10.3390/ijerph18042177

Zhu, J., Hsu, C.-Y., Chou, W.-C., Chen, M.-J., Chen, J.-L., Yang, T.-T., ... Chen, Y.-C. (2019). *PM2.5- and PM10-bound polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in the residential area near coal-fired power and steelmaking plants of Taichung City, Taiwan: In vitro-based health risk and source identification*. *Science of The Total Environment*, 670, 439–447. doi:10.1016/j.scitotenv.2019.03.1

Zhu, F.-J., Ma, W.-L., Liu, L.-Y., Zhang, Z.-F., Song, W.-W., Hu, P.-T., ... Fan, H.-Z. (2021). *Temporal trends of atmospheric PAHs: Implications for the gas-particle partition*. *Atmospheric Environment*, 261, 118595. DOI: 10.1016/j.atmosenv.2021.11859

Zhu, H., Martinez-Moral, M.-P., & Kannan, K. (2021). *Variability in urinary biomarkers of human exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons and its association with oxidative stress*. *Environment International*, 156, 106720. DOI: 10.1016/j.envint.2021.106720

Zhu, F.-J., Ma, W.-L., Zhang, Z.-F., Yang, P.-F., Hu, P.-T., Liu, L.-Y., & Song, W.-W. (2022). *Prediction of the gas/particle partitioning quotient of pahs based on ambient temperature*. *Science of The Total Environment*, 811, 151411. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.151411>

METODOLOGÍA DE PRESUPUESTACIÓN DE SOFTWARE BASADO EN OBJETIVOS

Data de aceite: 01/09/2023

Luis Alberto Derico

Ingeniero Informático. Universidad Católica “Nuestra Señora de la Asunción”
Campus Itapúa.

RESUMEN: En la zona del sur de Itapúa y áreas circundantes se experimenta un crecimiento acelerado de las MIPYMES, los cuales al ser afectados por los sistemas formales de información y tributación electrónicas, además del creciente volumen de información que estas deben manejar, son un nicho de mercado ideal para el desarrollo de software a medida, donde los equipos de desarrollo por lo general se componen de una o dos personas.

Las características principales de estos desarrollos es que tienen objetivos bien definidos, y son restrictivos en cuanto a tiempo y presupuesto, por lo que una metodología que cubra la presupuestación al mismo tiempo que el desarrollo es necesaria para evitar malos entendidos entre clientes y desarrolladores, así como pérdidas en el presupuesto, infravaloración del trabajo o falta de tiempo de desarrollo e implementación.

En este trabajo propongo una metodología

orientada al objetivo, que se centre en un presupuesto inicial lo más exacto posible y acompañe en cada fase con productos específicos, que permitan la validación de los resultados del desarrollo y el control de calidad del software resultante a lo largo del proceso.

PALABRAS-CLAVE: Software-Desarrollo-Presupuesto-Metodología-Ingeniería.

INTRODUCCIÓN

Al día de hoy, la Micro, Pequeñas y Medianas Empresas constituyen la porción mayoritaria del mercado paraguayo. Según datos del Viceministerio de MYPYMES, para el final del 2017 las MIPYMES conforman el 93% de las unidades productivas del Paraguay.

Con las nuevas disposiciones de la Subsecretaría de Estado de Tributación (SET), el cual está trabajando en un proceso de digitalización total de sus operaciones se hace necesario para las MIPYMES contar con el soporte digital correcto que les brinde las informaciones requeridas por los organismos de control.

Actualmente la SET maneja de forma electrónica los sistemas de información de operaciones gravadas (HECHAUKA), los sistemas de liquidación de operaciones gravadas por el IVA (MARANGATU), los sistemas de retención de IVA (TESAKA) y más recientemente las liquidaciones del Impuesto a la Renta Personal (ARANDUKA) y más recientemente la próxima implementación del sistema de e-facturas.

En este escenario los desarrolladores independientes de software deben adecuarse a las características de esta franja mayoritaria de mercado, para generar un producto que cumpla con las expectativas de los clientes para que el sistema les ayude a manejar organizativamente sus empresas; y por el otro lado que se realice la valuación del trabajo de forma correcta para asegurar la continuidad del prestador del servicio de desarrollo en el mercado, buscando un equilibrio entre un precio competitivo para los clientes y la rentabilidad necesaria para el desarrollador.

El mayor problema para los desarrolladores independientes es que no existe una metodología concreta que se adapte a este contexto y que cumpla con las métricas de aseguramiento de la calidad.

En este trabajo se definen las características principales que se deben tener en cuenta y se explica la propuesta metodológica ideada para acoplar todos estos aspectos.

DEFINICIÓN DE MIPYMES

Según la ley N° 4457 sancionada por el Congreso de la Nación Paraguaya el 16 de mayo del 2012, las Micro, Pequeñas y Medianas Empresas (MIPYMES) “son todas las unidades económicas, que según la dimensión en que se organicen el trabajo y el capital, se encuentren dentro de las categorías establecidas en el Artículo 5° de esta ley y se ocupen del trabajo artesanal, industrial, agroindustrial, agropecuario, forestal, comercial o de servicio”.

En el Artículo 4° de esta misma ley categoriza a las MIPYMES por dos elementos:

- El número de trabajadores ocupados; y,
- El monto de facturación bruta anual, realizado en el ejercicio fiscal anterior.

En el Artículo 5° de la misma ley clasifica los parámetros de cada categoría y delimita el alcance para cada uno:

Microempresas: está formada por un máximo de 10 trabajadores, en la que el propietario o integrantes de su familia trabajan personalmente en el y facture anualmente un máximo de Gs. 500.000.000 (quinientos millones de guaraníes).

Pequeña Empresa: está formada por un máximo de 30 trabajadores y facture anualmente un máximo de Gs. 2.500.000.000 (dos mil quinientos millones de guaraníes).

Mediana Empresa: está formada por un máximo de 50 trabajadores y facture anualmente un máximo de Gs. 6.000.000.000 (seis mil millones de guaraníes).

IDENTIFICACIÓN DE LAS RESTRICCIONES DE LAS MIPYMES

Las dos principales restricciones en cuanto al desarrollo de un proyecto de software son:

- **Tiempo Limitado:** cuando una microempresa o pequeña empresa decide implementar un software administrativo se debe generalmente a que el sistema administrativo y fiscal actual ya no cubre la demanda actual operativa, ya sea haciendo internamente los controles contables y administrativos o por profesionales tercerizados.

El volumen de operaciones de la empresa creció más de lo que su actual estructura soporta y se ve en la obligación de automatizar procesos para ahorrar tiempo.

Cómo estos cambios están sometidos al régimen fiscal, lo más probable es que el tiempo de desarrollo e implementación esperados sean menos de un año.

- **Presupuesto:** las MIPYMES no ven los proyectos de desarrollo de software como proyectos de inversión o como servicios, sino en forma de productos, lo que hace que esperen un precio fijo por determinadas características.

La empresa no espera ni concuerda en que en determinados casos el presupuesto puede aumentar a razón de cambios de última hora o por características que no habían sido consideradas al inicio del desarrollo del software. Lo que la empresa espera es que se pacte al inicio del proyecto un valor total y que se entreguen las funciones tal y como se establecieron, sin excepciones.

MÉTRICAS DE SOFTWARE

Las métricas son estándares sistematizados que se aplican al software o a cualquier proceso para verificar que posee alguna propiedad específica, tanto para la medición de la productividad como para el aseguramiento de la calidad del software.

Existen muchos estándares de métrica, pero no todas nos sirven para la presupuestación, ya que realizan la medición sobre el resultado, y no sobre el esfuerzo futuro de desarrollo e implementación del software.

Algunas de las métricas más conocidas que podemos citar son:

- Métrica ABC
- Grado de cohesión
- Modelo de costo constructivo (COCOMO)
- Puntos de función
- Número de líneas de código
- Tamaño de programa binario

OBJETO DE CÁLCULO POR MÉTRICA

Métrica ABC: mide la complejidad de un software basado en tres variables principales, asignaciones, ramas y condicionales. El objeto de medición de la métrica es el software desarrollado, lo que hace que no sirva para presupuestar, ya que el sistema debe estar terminado para medirlo.

Grado de cohesión: sistema de medición ordinal que clasifica el software entre rasgos deseables e indeseables. El objeto de medición es el software desarrollado y el objetivo es medir la calidad del software, no el esfuerzo invertido en su creación.

Modelo de costo constructivo (COCOMO): es un modelo matemático estimativo donde se calcula el costo del producto final basado en el tamaño final y cantidad de archivos generados y otras características, pero no toma en cuenta la productividad y proporciona valores irreales al utilizar orientación a objetos, por las propiedades de herencia y reutilización, que afecta la cantidad final de código escrito. Su objeto de medición es incompleto, porque prevé el código generado pero no los recursos ni la productividad necesaria para crearlo.

Puntos de función: métrica que mide la funcionalidad entregada al usuario independientemente de la tecnología utilizada para la construcción y explotación del software. La forma de medición puede ser un poco empírica ya que depende de parámetros de ajuste aplicados por el que realiza la medición. Su objeto de medición son las características del software a desarrollar, pero es muy subjetivo en su aplicación y puede dar valores incorrectos en su aplicación.

Número de líneas de código: pretende calcular el costo de un software directamente por la cantidad de código generado. El objeto de medición es el software desarrollado impidiendo que se pueda usar para presupuestar antes de desarrollar el producto.

Tamaño de programa binario: Como el anterior, pero en vez de calcular por líneas de código mide el peso de los archivos binarios generados por el software. El objeto de medición es el software desarrollado impidiendo que se pueda usar para presupuestar antes de desarrollar el producto.

SELECCIÓN DE MÉTRICA

Como se ve en la lista anterior, las opciones más recomendables son las que permitan calcular el esfuerzo antes de desarrollar el software, dejando como la opción más viable la métrica por Puntos de función, ajustando las variables de la forma más objetiva posible para adecuar al entorno actual.

PROPUESTA DE PRESUPUESTACIÓN EN LA ETAPA DE ANÁLISIS DE REQUISITOS

Las fases en las que se divide el proceso de análisis de requisitos y presupuestación son las siguientes:

1. Libro de Requisitos

- a. Definición de los objetivos principales y secundarios de un proyecto
- b. Definición de requisitos funcionales y no funcionales necesarios para que el sistema cumpla con los objetivos

2. Valoración por puntos de función

- a. Cálculo de punto de función por cada requisito funcional y no funcional
- b. Determinación del peso en horas de los puntos de función
- c. Determinación del valor por hora en relación al equipo de trabajo
- d. Cálculo de costo financiero y de tiempo de trabajo del proyecto

3. Presupuesto

- a. Determinación de la inversión necesaria
- b. Cláusulas de servicios incluidos y no incluidos en los presupuestos
- c. Alcance
- d. Tiempo de desarrollo e implementación
- e. Garantías
- f. Cláusula de protección del desarrollador y cliente
- g. Acuerdo de inicio de actividades

LIBRO DE REQUISITOS

El primer paso para determinar el esfuerzo necesario para desarrollar un software es identificar cuáles son las funciones que el mismo debe cumplir. Este paso se debe ejecutar después de una recolección inicial de datos y las entrevistas necesarias con los futuros usuarios y responsables del software para aclarar los resultados esperados del mismo.

Definición de los objetivos principales y secundarios de un proyecto

Se deben definir exactamente cuál será la función principal de un sistema, y una vez logrado, enumerar las actividades necesarias para que se pueda cumplir ese objetivo central.

Definición de requisitos funcionales y no funcionales necesarios para que el sistema cumpla con los objetivos

Una vez definidos los objetivos, deben identificarse cuáles son las funciones que necesitan ser desarrolladas para cumplir con estos, y se separan en dos grupos dependiendo de su impacto en los objetivos.

Los requisitos funcionales son las funciones que intervienen directamente en el cumplimiento de los objetivos propuestos.

Los requisitos no funcionales son los que no intervienen para el cumplimiento de los objetivos, pero que son necesarios para el funcionamiento del software.

VALORACIÓN POR PUNTOS DE FUNCIÓN

Cuando termina la identificación de los requisitos, podemos pasar a la métrica de valoración de los mismos. Utilizando los puntos de función, usando el método de análisis de punto de función, asignamos a cada requisito una cantidad de “puntos” que luego convertiremos a una escala más cuantificable.

El primer paso consiste en contar las funciones de datos, desde el punto de vista del usuario. Se identifican los índices de complejidad y posteriormente su contribución en puntos. La forma más sencilla es identificar una entidad del sistema y asignar un punto por cada operación sobre los datos, a saber; alta, baja, modificación y consulta.

Luego se cuentan las funciones transaccionales, como cálculos adicionales, aplicación de fórmulas o informes.

Seguidamente se recuentan los puntos de función y se les aplica un factor de ajuste, que depende de 14 características del software:

1. Comunicación de datos
2. Procesamiento distribuido
3. Performance (desempeño)
4. Configuración del equipamiento
5. Volumen de transacciones
6. Entrada de datos on-line
7. Interfase con el usuario
8. Actualización on-line
9. Procesamiento complejo
10. Reusabilidad
11. Facilidad de implementación
12. Facilidad de operación

13. Múltiples locales

14. Facilidad de cambios

Para esta propuesta se considera que estos factores de ajuste no son relevantes en este proceso de presupuestación y se tomará un ajuste de 1, ya que el cumplimiento de los objetivos debe ser total y se trata de equipos de trabajo pequeños o unipersonales.

Cálculo de punto de función por cada requisito funcional y no funcional

Se confecciona una lista de requisitos funcionales y no funcionales, se les asigna los puntos de función correspondiente y se realiza el recuento final.

Determinación del peso en horas de los puntos de función

En este punto, se realiza una valoración directa de un requisito funcional, realizando en la práctica la ejecución del requisito cronometrando el tiempo invertido, dividiéndolo por los puntos de función asignados para obtener el tiempo que se invierte en un punto de función.

Determinación del valor por hora en relación al equipo de trabajo

Para valorizar las horas de trabajo estimadas para completar los requisitos del software, debe calcularse el costo de trabajo de cada hora invertida. para realizar esto se propone realizar un estimado del valor basado en un año laboral normal, compensando los días libres, tiempo muerto y gastos operativos (calculado sobre la premisa de que el desarrollo se realiza por un equipo que no trabaja en relación de dependencia a una entidad).

Cálculo de costo financiero y de tiempo de trabajo del proyecto

En este punto se realiza la multiplicación de las horas de trabajo por el valor por hora calculado, y se tendrá el costo aproximado del esfuerzo necesario para desarrollar el sistema y la cantidad de tiempo necesario para llevarlo a cabo.

PRESUPUESTO

Con los datos anteriores ya calculados, se puede redactar el presupuesto y presentarlo al responsable del software. Las secciones que debe tener un presupuesto son las siguientes:

Funcionalidad y determinación de la inversión necesaria

Un listado detallado de los requisitos funcionales y no funcionales del sistema, más su valorización global o detallada.

Cláusulas de servicios incluidos y no incluidos en los presupuestos

Delimitación de responsabilidades del equipo de desarrollo y enumeración de actividades previstas y actividades que no son responsabilidad del proyecto de desarrollo.

Alcance

Cual es el marco de trabajo del proyecto, y hasta donde van a llegar las actividades presupuestadas.

Tiempo de desarrollo e implementación

Estimación de tiempo de trabajo total. Cuando se incluye la implementación, los requisitos funcionales deben estar agregados a los del desarrollo del presupuesto.

Garantías

Descripción de garantías sobre las actividades de desarrollo previstas.

Cláusula de protección del desarrollador y cliente

Cláusulas generales de previsión de terminación de actividades, tanto del lado del equipo de desarrollo como el de los responsables del software.

Acuerdo de inicio de actividades

Una sección para marcar el inicio oficial de los trabajos, necesario además para la evaluación del cumplimiento y aplicación de garantías.

EJEMPLO DE APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PROPUESTA

Caso de estudio

Evaluar el desarrollo de un sistema para un estudio jurídico:

Objetivo Principal: gestionar las cuentas corrientes y operaciones administrativas de clientes de un estudio jurídico asignadas a los asociados.

Objetivos Secundarios:

- Mantener un registro de los clientes
- Listar los servicios prestados por los asociados
- Registrar los costos directos
- Registrar los costos indirectos
- Mantener la cuenta corriente de los clientes
- Facturar los servicios

Identificación de requisitos funcionales y no funcionales

De los objetivos propuestos, podemos identificar la lista de requisitos funcionales y no funcionales del proyecto:

Nro.	Requisitos	Tipo
1	ABMC asociados	funcional
2	ABMC clientes	funcional
3	ABMC servicios	funcional
4	costos directos	funcional
5	costos indirectos	funcional
6	informe - cta cte cliente	funcional
7	ABMC factura	funcional
8	ABMC usuarios	no funcional
9	funciones	no funcional
10	ABMC permisos	no funcional
11	instalación BD	no funcional
12	instalación servidor aplicación	no funcional

Cálculo de puntos de función

Nro.	Requisitos	PF de Datos	PF transaccionales
1	ABMC asociados	5	1
2	ABMC clientes	5	1
3	ABMC servicios	5	1
4	costos directos	8	2
5	costos indirectos	6	2
6	informe - cta cte cliente	4	2
7	ABMC factura	7	2
8	ABMC usuarios	5	1
9	funciones	2	0
10	ABMC permisos	6	1
11	instalación BD	0	1
12	instalación servidor aplicación	0	3

Los ABMC pueden considerarse con 6 puntos totales, 4 corresponden a procesos de datos de alta, baja, modificación y consulta; un punto para la interfaz y un punto por la creación de la entidad.

Funciones como la de costos directos implican los mismos 4 puntos de ABMC, pero adicionalmente necesita consultar a las entidades de asociados, clientes, y servicios; en la categoría transaccional se agregan a la interfaz un posible cálculo de subtotales.

Los informes agregan puntos de datos por consulta, más los transaccionales de filtrado y formato de impresión.

Los requisitos no funcionales se evalúan de la misma manera que los funcionales, aunque no impacten directamente en los objetivos.

Trabajos adicionales como instalación de servicios o desarrollo del sistema base deben ser evaluados desde la perspectiva de las actividades necesarias para su puesta a punto, por ejemplo, la instalación de la base de datos en este caso solo un punto, por ser un solo servicio. Por otro lado, el servidor de aplicación estaría compuesto por un servidor HTTP, y un gestor de modelo, más el template básico del sistema.

Para simplificar, no se aplicará el valor de ajuste de los puntos de función, dejando el índice de ajuste en 1.

En total estas funciones acumulan 70 puntos.

DETERMINACIÓN DEL PESO EN HORAS POR PF

La determinación del peso en horas dependerá de la cantidad de personas del equipo y de la experiencia de las mismas con las herramientas tecnológicas a utilizar.

Como ejemplo, partiremos de la premisa que el desarrollador tarda 12 horas en desarrollar un ABMC completo y funcional desde la creación de la base de datos hasta la implementación de la interfaz, lo que nos daría un valor de base de 72 minutos de trabajo por punto de función. (1 punto de instalación de la base de datos, 3 puntos de instalación de software necesario, 6 puntos para el ABMC completo).

Determinación del valor por hora

Para la segunda parte de la aplicación de la metodología, necesitamos el valor monetario aplicable por cada hora de trabajo. La determinación de este valor se puede determinar con el siguiente procedimiento:

1. Se debe determinar la cantidad de horas máximas que puedan trabajarse en un periodo de un año: Horas por día x Días laborales x 4 semanas x 12 meses = $8 \times 6 \times 4 \times 12 = 2.304$ horas anuales.
2. Se calcula el valor de cada hora sobre un salario mínimo vigente: salario mínimo x 12 meses / Horas totales anuales = $2.550.307 \times 12 / 2.304 = 13.283$ G. por hora.
3. Se calculan los días libres por año en una ponderación: feriados anuales + días libres + emergencias = $11 + 5 + 5 = 21$ días por año.
4. También debe hacerse un ajuste de “tiempo muerto”, que corresponden a horas de trabajo que no se efectivizan, ya sea por movilidad, preparaciones, o cualquier tiempo laboral que no se trabaja en realidad. Este índice puede variar pero inicialmente se puede aplicar un 10% de las horas totales: $2.304 \times 10\% = 230$ horas.
5. Es necesaria una suma de los costos operativos básicos del equipo de desarrollo, que deben costearse durante el año, que varían de acuerdo a cada caso. Un ejemplo básico puede ser: (alquiler + celular + servicio de internet + insumos) * 12 meses = $(800.000 + 120.000 + 130.000 + 100.000) \times 12 = 13.800.000$ G. por año.
6. Se debe de evaluar el costo por inactividad y el costo del tiempo muerto más los gastos operativos anuales, y ponderarlo al costo por hora por año: $((\text{Días libres por año} \times 8 \times \text{Valor por hora}) + (\text{tiempo muerto} \times \text{Valor por hora}) + \text{gastos operativos anuales}) / \text{horas máximas anuales} = ((21 \times 8 \times 13.283) + (230 \times 13.283) + 13.800.000) / 2.304 = 8.284$ G. adicionales por hora.
7. Para el cálculo final de la hora de trabajo, se suman el costo base de hora + la ponderación de los costos anuales + un porcentaje de rentabilidad + impuestos = $13.283 + 8.284 + 50\% + 10\% = 35.585$ G. por hora de trabajo.

Cálculo de costo financiero y tiempo de trabajo

Con las variables ya calculadas puede determinarse que este proyecto tendrá un costo de $((70 \text{ PF} * 72 \text{ min}) / 60 \text{ min}) * 35.585 \text{ G.}$, que da un valor de 2.989.140 G.

El tiempo de trabajo total será de 84 horas u 11 días hábiles.

CONCLUSIONES

El modelo propuesto busca equilibrar la complejidad de evaluar el esfuerzo de desarrollo con la valoración más justa del esfuerzo de trabajo en desarrollo de software, donde se pague un valor realista por los servicios recibidos y que sea factible para que el equipo de desarrollo pueda recibir una digna compensación por su trabajo.

Se toma como parámetro el mercado paraguayo en general y la zona sur de paraguay en particular, orientando hacia el mercado de PYMES y MIPYMES.

Para el cálculo de esfuerzo, se asume que el desarrollo será realizado por un equipo de profesionales independientes o un solo profesional que cumplirá con todos los trabajos del proyecto.

ARIADNA FARIA VIEIRA: Engenheira Agrônoma pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Mestre em Produção Vegetal pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e Doutora em Genética e Melhoramento de Plantas pela Universidade Federal de Goiás (UFG). Atualmente é docente do curso de Engenharia Agrônoma da Universidade Estadual do Piauí (UESPI). Possui experiência em Genética e Melhoramento de plantas e atua no desenvolvimento de pesquisas na área de melhoramento e fitotecnia.

LEONARDO FRANÇA DA SILVA: Engenheiro Agrônomo pela Universidade Federal De Minas. Mestre em Agronomia pela Universidade Estadual Paulista -UNESP. Atualmente, é pesquisador de Doutorado em Engenharia Agrícola (Construções Rurais e Ambiente) pela Universidade Federal de Viçosa e membro colaborador do Núcleo de Pesquisa em Ambiente e Engenharia de Sistemas Agroindustriais - AMBIAGRO- UFV. Além de ser aluno de pós graduação lato sensu em Engenharia de Segurança do Trabalho, Engenharia de Produção. Possui experiência nas áreas de Engenharia agrícola, com ênfase em Engenharia de Construções Rurais, Desenvolvimento rural, Sustentabilidade em sistemas de produção (Agrícola / Animal), Segurança do trabalho e Ergonomia.

VICTOR CRESPO DE OLIVEIRA: Engenheiro Agrícola pela Universidade Federal de Lavras. Mestre em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa. É atualmente pesquisador de doutorado em Engenharia Agrícola na Universidade Estadual Paulista (UNESP). Possui experiência internacional no desenvolvimento de projetos científicos e atua diretamente no desenvolvimento de pesquisas na área de Construções Rurais e Ambiente.

A

Agricultura de precisão 2, 3, 11, 13

Agricultura digital 2, 12

Agricultura Digital 10, 13

C

Catástrofes 19

Ciudad de Puebla 27, 28, 32, 35, 36, 37

Conservação 19, 21

Contaminación atmosférica 27, 28

D

Desarrollo 25, 30, 31, 43, 44, 45, 47, 49, 50, 52, 53, 54

Discursos ambientalistas 16

E

Ecosistemas 19, 22, 23

Efeito estufa 18, 20, 21, 24

Emissão de gases 18, 20, 21, 24

F

Fontes renováveis de energia 21

G

Geotecnologia 2

Greta Thunberg 15, 16, 17, 24, 25

H

Hidrocarburos 27, 28, 29, 31, 36

I

Ingeniería 43

M

Metodología 30, 43, 44, 50, 53

Mudança climática 15, 16, 17, 20, 23, 24

N

Natureza 18, 19, 24, 26

P

Planeta 2, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 24, 26

Presupuesto 43, 45, 47, 49, 50

R

Rigor científico 15, 16

S

Salud humana 27, 28, 29, 30, 34, 37, 40

Software 4, 9, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 53, 54

Sustancias químicas 30

Sustentabilidade 2, 4, 5, 12, 18, 24, 55

T

Temperatura 5, 8, 16, 18, 20, 21, 23, 24, 29, 33

MEDIO AMBIENTE:

Agricultura, desarrollo y sustentabilidad

🌐 www.atenaeditora.com.br
✉ contato@atenaeditora.com.br
📷 @atenaeditora
📘 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

3



Atena
Editora
Ano 2023

MEDIO AMBIENTE:

Agricultura, desarrollo y sustentabilidad

🌐 www.atenaeditora.com.br
✉ contato@atenaeditora.com.br
📷 @atenaeditora
📘 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

3



Atena
Editora
Ano 2023