



Mens Agitat 19 (2024) 1-10

ISSN 1809-4791

1

A formação de Nova Iguaçu nas páginas do Correio da Lavoura: 1917

Robson Fernandes de Farias

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Cx. Postal 1524, 59078-970 Natal-RN, Brasil robdefarias@yahoo.com.br

Abstract. Using the news published in the weekly newspaper "Correio da Lavoura", an overview of the development of the City of Nova Iguaçu (State of Rio de Janeiro, Brazil) in the year 1917 is presented. Important conclusions and inferences about the stage of socio-economic-cultural development of the Municipality, in the second decade of the 20th century, are presented.

Keywords: Nova Iguaçu; Correio da Lavoura; 20th century; 1917; Development

INTRODUÇÃO

O Jornal *Correio da Lavoura* foi fundado por Silvino Hipólito de Azeredo e teve seu primeiro número publicado em 22 de março de 1917. Não sendo à época, nem hoje em dia, veículo da chamada grande imprensa, foi, não obstante, ao longo dos anos, e de forma ininterrupta, publicado, trazendo à lume muito do cotidiano de Nova Iguaçu, cotidiano que a grande imprensa fluminense (sediada, mormente, na Cidade do Rio de Janeiro) não teria, por certo, maior interesse em noticiar.

Estando hoje entre os vinte mais antigos jornais do Brasil com circulação ininterrupta, seu acervo foi, muito feliz e oportunamente, digitalizado pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, mais especificamente, pelo Centro de Documentação e Imagem do Instituto Multidisciplinar da UFRRJ (CEDIM – IM/UFRRJ; <https://cedim.ufrrj.br/acervos/>) de Nova Iguaçu, órgão que prestou, assim, inestimável serviço ao povo Iguaçuanos e, sem qualquer exagero, ao Brasil.

Foi graças a esse acervo digitalizado que pudemos consultar, número por número, página por página, a história

cotidiana de nossa Cidade, com passagens pitorescas e muito informativas.

Não obstante basear-se em conteúdo do *Correio da Lavoura*, há, inevitavelmente, o toque pessoal do autor. Nesse caso, a começar da seleção do que lhe pareceu mais relevante e ilustrativo acerca da história cotidiana que pretende trazer, bem como, é claro, alguma interpretação, conjectura ou hipótese aqui e ali levantada sobre alguma notícia da época.

Longe de terem, do ponto de vista historiográfico, o mesmo prestígio dos documentos oficiais, não obstante, as notícias de jornal têm o mérito de trazer, justamente, a história “ponto a ponto” (dia a dia) da Cidade, bem como a informação (sempre valiosa) da reação popular a esse ou aquele ato governamental, ou, ainda, o mérito de deixarem registrados fatos e personagens “pequenos demais” e que, muitas vezes, ficam de fora da historiografia oficial e, por conseguinte, terminam por escapar da “rede” lançada pelos historiadores e cronistas. De minha parte, entendo as notícias de jornais como valiosíssima fonte historiográfica, mormente por nos permitirem traçar um perfil do “homem comum”, nas agruras e conflitos de seu cotidiano.

Nas páginas do *Correio da Lavoura*, pouco a pouco, a história cotidiana da Cidade vai surgindo, com fatos e

personagens sendo descortinados, com algumas características da Cidade explicitamente reveladas, com base nas notícias e anúncios veiculados, e com outras peculiaridades podendo ser inferidas, deduzidas, lidas nas “entrelinhas” daquilo que o jornal explicita.

Esse é o primeiro de uma série de artigos que pretendemos publicar, cada um deles dedicado a um período da história cotidiana de nossa Cidade, sempre pelas páginas do Correio da Lavoura. Começamos aqui, então, com o ano de 1917.

Destaco, por fim, que ao longo do texto, a grafia original de certas palavras foi mantida, a fim mesmo de dar ao leitor mais esse “sabor” de uma época que passou, mas que deixou raízes a nutrir a grande árvore municipal da qual todos nós atualmente nos nutrimos e ajudamos também, a nutrir.

NOVA IGUAÇU, 1917

O ano é 1917. Em vinte e dois de março, é publicado o primeiro número do jornal Correio da Lavoura. De lá até hoje, a história cotidiana de Nova Iguaçu (ou Nova Iguaçu, como era então escrito) desfila por suas páginas.

Já no primeiro número, podemos constatar a presença de diversos anúncios, que dão conta das atividades comerciais e culturais da Cidade, tal como o anúncio do “Curso Barbosa” (tendo Seraphim Barbosa como Diretor), que oferece “Aulas de português, francês, inglês (teórica), aritmética, álgebra, geometria, história geral e geografia (especialmente do Brasil), todos os dias úteis, das 18 às 21 horas” a um custo de 10\$000 (dez mil Réis)¹, com pagamento adiantado e mensal.

Caso algum medicamento fosse necessário, o Iguaquano poderia dirigir-se à Farmácia Fluminense (tendo Sebastião Herculano de Mattos como proprietário). Localizada na Avenida Marechal Floriano Peixoto, a farmácia enunciava que “aviam-se receitas e pedidos a qualquer hora do dia e da noite, com escrúpulo e presteza – a preços módicos”.

Segue o ano de 1917, e o Correio da Lavoura nos vai fornecendo, número à número, uma panorâmica do dia a dia da população Iguaquana² e a lenta (mas progressiva) formação do município, que aos poucos busca romper sua condição de localidade provinciana.

Na Rua Tenente Pereira, no bairro Kaonze, vendia-se um terreno medindo 40 por 60 metros³, devendo-se tratar sobre a venda com Tertuliano Pimenta.

¹ De 08 de outubro de 1833 a 31 de outubro de 1942, a moeda do Brasil foi o Real Brasileiro (plural: Réis).

² Como hoje ainda, a periodicidade do jornal era semanal, e casa edição tinha, quase sempre, quatro páginas.

³ Ou seja, 2.400 m², uma área bastante significativa, o que nos dá uma boa ideia do quão vasto (não ocupado) era ainda o território da Cidade, à época.

No número de 29/03/1917, encontramos interessante artigo, que nos dá uma ideia das realizações, do Município, na área da Educação:

Pela Instrução

Em boa hora o governo do Estado do Rio acaba de criar uma escola mista⁴ em Engenheiro Neiva, 7º Distrito deste município e futura cidade de Nilópolis. Como era de esperar, essa acertada e inteligente medida do governo do Dr. Nilo Peçanha, causou a melhor impressão possível, aos inúmeros moradores de Engenheiro Neiva.

Com esse ato o Sr. Dr. Nilo Peçanha deu mais um passo à frente em prol da instrução neste município, bastante digno de suas atenções.

O “Correio da Lavoura”, empenhado como está em trabalhar na medida de suas forças pela difusão do ensino entre nós, sente-se feliz em estampar essa notícia, enviando por essas colunas todo o seu justo aplauso ao fecundo governo do Estado do Rio.

Ainda na educação, sabemos, pelo anúncio no Correio da Lavoura, da existência do externato Nossa Senhora da Aparecida, na Rua Dr. José Lourenço, nº4 (estação de Anchieta), o qual recebia meninos e meninas, tendo suas aulas divididas em dois cursos: primário e médio.

O curso primário, dividido com dois graus, com aulas de caligrafia, silabário, tabuadas, conta e leitura (1º grau, com pensão de 5\$000) e caligrafia, leitura, conta, tabuadas, gramática portuguesa, princípios de língua francesa⁵, aritmética, geografia do Brail, Princípios de História Natural e História do Brasil (2º grau, com pensão de 10\$000). Já para o curso médio (com pensão de 15\$000), o externato Nossa Senhora da Aparecida oferecia aulas de caligrafia, português, inglês, francês, aritmética, geometria, princípios de álgebra, geografia e história natural. As meninas teriam ainda aulas de “trabalhos de agulha”.

Na área da educação, mencionemos também o “Collegio Silveira”, localizado na Rua Coronel Bernardino de Mello nº 27, tendo a Profa. Anna da Silveira como diretora, e no qual aceitavam-se alunos de ambos os sexos, oferecendo aulas da classe preliminar (10\$000), preparatório para o curso normal (20\$000), além de aulas de música (10\$000), de bordado (15\$000) e pintura à óleo (20\$000), etc., com as aulas do curso preliminar das 10 da manhã às 2 da tarde.

⁴ Ou seja, uma escola com crianças de ambos os sexos. À época, ainda era bastante comum ter-se escolas apenas para meninos ou apenas para meninas.

⁵ Antes do inglês adquirir (sobretudo após a Segunda Guerra Mundial) o seu status de língua internacional nas ciências, no comércio, etc., era o francês a língua estrangeira de destaque aqui no Brasil, além de outras influências da cultura francesa (literatura, arquitetura, etc.) que vinham desde o Brasil Império.



Entre um estudo e outro, o Iguaçuano poderia fazer um lanche no Café Recreio, estabelecimento bem montado onde encontrava-se a qualquer hora, especial café moído e preparado à vista dos fregueses, além de tudo quanto concernia a artigos de restaurante e botequim. De propriedade de Falcão & irmão, o Café ficava na Marechal Floriano Peixoto.

Aliás, analisando-se os anúncios no Correio da Lavoura, constata-se que, nessa segunda década dos anos 1900, a Avenida Marechal Floriano Peixoto constituía-se, efetivamente, em logradouro no qual encontravam-se muitos dos principais estabelecimentos comerciais da Cidade.

Mas caso o pacato cidadão preferisse uma outra opção, havia também a Padaria e Confeitaria Santo Antônio, na Praça da matriz, nº1, de propriedade de Delphim Lourenço & irmão, onde seria possível encontrar “um completo sortimento de tudo o que concerne a confeitaria, padaria e botequim”.

Outra opção no ramo, seria o café “Estrella de Iguassú”, também na Marechal Floriano Peixoto, de propriedade de Armenio Augusto Soares, onde podia-se encontrar “sempre completo sortimento de bebidas finas e artigos de restaurante e botequim”.

Uma opção para a compra de bebidas finas, nacionais e estrangeiras, seria o Botequim União, de José Maria Viamonte, especializado também em comidas frias, etc., que ficava, é claro, na Marechal Floriano Peixoto.

Após o lanche, seria possível cortar o cabelo no Salão Brasil - barbeiro e cabeleireiro - também na Marechal Floriano Peixoto (nos anúncios, aparece como Rua e não Avenida), sendo que o estabelecimento “dispõe de pessoal habilitado e perfumarias nacionais e estrangeiras, e atende-se a chamados”.

Para a compra de cereais “em grosso”, grande sortimento de farinha, fubá e farelo, havia, na Avenida Nilo Peçanha, o Grande Armazém de Aguardente, de propriedade de Francisco Gentil Baroni.

E para não ser afetado nem pela crise nem pela carestia, o Iguaçuano poderia comprar seu suprimento de proteína animal no Açougue União, em que uma “superior carne verde, como sejam: filet, chã de dentro, lagarto, pato, alcatra e pá” podiam ser encontradas, também na Marechal Floriano Peixoto, em frente ao Cinema Modelo⁶.

⁶ Logo, o anúncio do Açougue União (número de 29/03/1917) nos informa, indiretamente, que havia, na Marechal Floriano Peixoto, um cinema.

⁷ A título de comparação entre os produtos e serviços anunciados, veja-se o quilo da salsicha ou linguiça, a partir de 1\$400 o quilo, comparado com a pensão para o 1º grau do curso primário no externato Nossa Senhora da Aparecida, no valor de 5\$000. Ou seja, a mensalidade da educação básica custava menos que o valor de quatro quilos de linguiça.

Na concorrência, tínhamos o Açougue Central (com matriz em Nova Iguaçu e filial em Mesquita) na Marechal Floriano Peixoto, de propriedade de Romano Guhgni, onde se poderia encontrar “carne de vaca e de porco especiais, de carneiro, vitelo, etc. e toucinho”. O açougue tinha “especialidade em linguiça e salsichas, desse 1\$400 o quilo⁷. Como diferenciais, o Açougue Central propalava seu asseio e higiene, destacando que as carnes eram guardadas em frigoríficos. Esse último destaque, sugere que o uso de frigoríficos ainda não era algo banal no Município.

Depois de comprar a carne para o almoço ou jantar, que tal “fazer uma fezinha” na Casa Estrela de Ouro, agência de loterias? De propriedade de Antônio Pereira Dias, a Estrela de Ouro ficava, igualmente, na Marechal Floriano Peixoto.

Depois de passar na lotérica, o Iguaçuano poderia fazer compras na Cooperativa Bom Fim (na Marechal Floriano Peixoto, esquina do Largo da Matriz), onde vendiam-se cereais por atacado e varejo, secos, olhados, ferragens, louças, fazendas, roupas feitas, [artigos de] armarinho, calçados, chapéus de sol e de cabeça, dentre outros artigos. Enfim, o equivalente a uma loja de departamentos.

Havia ainda a Cooperativa Democrata, de propriedade de Pythias de Castilho Lobo (na esquina da Marechal Floriano com a Coronel Francisco Soares), que vendia, no atacado e varejo, secos e molhados, sal, lenha, “comestíveis de primeira qualidade”, nacionais e estrangeiros, bebidas finas, etc., segundo o anúncio, a preços módicos.

Na “Pharol de Iguassú” (rua Coronel Bernardino de Mello, nº 27), o iguaçuano podia encontrar artigos (importados) de iluminação a carbureto, querosene e eletricidade⁸, lustres de modernos estilos, etc.

Para ajudar a construir sua casa, o Iguaçuano podia contar com Luiz Ribeiro de Lima, que possuía uma cerraria movida a eletricidade⁹, depósito de madeiras e todo material concernente à construções: cal, cimento, ferragens, tintas, telhas, etc. (detalhe: praticava preços da Capital, e vendas, só à dinheiro).

Porém, oferecendo concorrência no ramo das serralherias, tínhamos a Serralheria Maxambomba¹⁰, na Avenida Nilo Peçanha, de propriedade de Alfredo Gomes de Lima, onde, além de fazer-se serviços de ferreiro e serralheiro, fogões, depósitos para água, etc., também ferrava-se e curava-se animais.



⁸ O fato de estar à disposição do freguês insumos para esses três tipos de iluminação nos permite inferir que, à época, a iluminação elétrica ainda não era predominante entre todas as classes sociais do Município.

⁹ Pelo destaque que esse fato recebe no anúncio, pode-se inferir que fosse a única ou uma das poucas na Cidade a contar com esse recurso.

¹⁰ Antigo nome de Nova Iguaçu.

Mostrando que o tema educação era dos mais importantes para os munícipes naquele momento, o número de 05/04/1917 do Correio da Lavoura, nos traz:

Pela Instrução

Escola Noturna

Faz-se mister que trabalhemos em prol da feliz ideia da fundação de uma boa escola noturna, aqui, no 1º distrito dessa futura Nova Iguassú, pois é fato que jovens operários e empregados do comércio desta cidade vêem-se privados da excelsa luz intelectual em seus cérebros, pelo motivo simples e condenável de se não querer estabelecer esse templo de saber a que me refiro.

Sendo a escola como sabemos, o centro irradiador do saber, não parece crível que se vacile e que se demore a criar o que é tão necessário, tão imprescindível a um povo que quer trabalhar, que quer progredir para vencer e predominar os que não acham em condições idênticas.

É, talvez, um crime o negar-se o preciso conhecimento das primeiras letras a um brasileiro ou estrangeiro, que deseja aprender, para aplicar sua atividade de outro modo mais produtivo à sociedade e mais rendoso a si mesmo e aos seus. É dever do governo disseminar a instrução primária por todo nosso território, sem poupar esforços e sem fazer mesquinhas e inúteis economias nesse sentido.

Sem dúvida a primeira preocupação de um político na boa aceção da palavra, é instruir seu povo, prepará-lo para a luta da vida, escolhendo os melhores dentre todos hão de aproveitá-los nos cargos, para onde penderem suas naturais inclinações. Sem o progredir crescente de escolas noturnas e diurnas, com este limitado número de templos de saber, difícil que se resolva, com a presteza que o caso requer, o complexo problema do extermínio do analfabetismo em nosso meio. Funde-se, pois, esta escola noturna primária que virá contribuir, com integral eficácia, para o desenvolvimento desta pequena fração territorial do nosso mui amado Brasil.

S. Barbosa

¹¹ Atual Praça da Liberdade.

¹² Logo, um crescimento vegetativo de $128 - 108 = 20$ pessoas no trimestre. Assumindo um igual número para os três trimestres restantes do ano, teríamos um total de 80 pessoas como aumento na população (por óbvio, advindas apenas de nascimentos, excluindo-se, assim, incrementos devidos a migrações, etc.) anual do município, número por certo pouco expressivo, (mesmo tratando-se apenas dos números do 1º distrito), e que sugere que o Município vivia um período de pouca expansão econômica, etc.

¹³ Por óbvio, tanto para os médicos como para outros profissionais, não se pode afirmar que estes eram os únicos disponíveis na Cidade (nada impede que houvessem outros,



Pela extensão de seus anúncios (meia página, em algumas edições) bem como pelos diversos produtos de fabricação própria, podemos inferir que a Farmácia Santo Antônio (de propriedade de José Lopes de Castro), localizada na Marechal Floriano Peixoto, ou, mais exatamente, na Praça Ministro Seabra¹¹, era a maior da cidade, vendendo, dentre outros, a Água Inglesa L. de Castro (tônica, aperitiva e antifebril), o Xarope Castro (o remédio ideal para a tosse, com fórmula do Dr. Marques Canario) o Vinho Reconstituente ferruginoso e o Hemoglobol, o melhor medicamento para a anemia (contendo ovo, lecitina, hemoglobina e sais ferruginosos, com posologia de 2 a 3 pílulas por dia).

Além de excelente farmácia, a Santo Antônio (Fig. 1) oferecia ainda, às terças e sábados, das 11 às 4 da tarde, e às quintas, das 9 à 1 da tarde, consultas médicas com o Dr. Marques Canario.



O número 4 do Correio da Lavoura (12/04/1917) nos traz preciosas informações, extraídas do Registro Civil:

Durante o 1º trimestre do corrente ano, foi este o movimento do registro civil do 1º distrito do município de Iguassú: Nascimentos 128, sendo 57 do sexo feminino e 71 do masculino. Óbitos 108¹², sendo 61 do sexo masculino e 47 de do sexo feminino. Casamentos 18.

Considerando apenas os médicos que atendiam na própria Cidade, os anúncios do Correio da Lavoura nos dão conta do Dr. Bello Amorim (Rua 13 de maio, nº2) e do Dr. Salles Teixeira (na Marechal Floriano Peixoto)¹³.

Para cuidar de sua saúde bucal, o Iguaçuano podia contar com o Dr. Collatino de Rezende (na Marechal Floriano Peixoto) e com Rosa Martins Lopes¹⁴ (esquina da Marechal Floriano Peixoto com Capitão Raunheitte)

No tocante aos profissionais do Direito, todos os advogados anunciantes (Dr. Manoel Reis e Dr. Domingos

que não anunciavam seus serviços no Correio da Lavoura). O Dr. Marques Canario, que, como vimos, em alguns dias da semana dava consultas na Farmácia Santo Antônio, também tinha anúncio, mas com consultório na Rua Domingos Ferreira, 334, Rio.

¹⁴ No primeiro anúncio publicado, aparece apenas o nome da profissional, sem ser antecedido por “Dr. ou Dra”. Pode ter sido mera falha na composição do anúncio, ou indicativo de que a profissional não fosse, à época, “formada” em odontologia, mas apenas “prática”. Contudo, no anúncio de 24/05/1917, o nome da profissional vem precedido por “Dra.,” prometendo “trabalho garantido a preços reduzidos” além de “extrações sem dor”.

Mariano, dentre outros) tinham escritório na Cidade do Rio de Janeiro.



A edição de 19/04/1917 nos faz saber que o Correio em Nova Iguaçu contava, à época, com um só carteiro, o Sr. Soares, nos proporcionando, ainda, uma estimativa do número de casas então existentes no Município:

*Seja-nos permitido chamar a preciosa atenção do Exm. Dr. Tarquinio de Souza, muito digno administrador dos Correios deste Estado, para o fato, aliás irregular, de continuar a fazer a entrega de toda a correspondência nesta cidade, um só carteiro. Rogamos de s.ex. o alto favor de nomear mais um funcionário dessa categoria, para a agência desta cidade que, dia a dia, floresce, aumentando de arte, a pesada tarefa de que está incumbido o carteiro Soares, empregado antigo e trabalhador, já enfraquecido naturalmente pelo labor diário de vencer muitos quilômetros, para distribuir correspondência postal para aqui dirigida. Essa medida excelente virá proporcionar a todos nós, habitantes de Nova Iguassú, uma grande vantagem, pois nos será fácil receber com certa antecedência da atual as cartas, jornais, etc. beneficiando, pois, não só a população nova-iguassuana, como a um velho servidor do Correio fluminense. A fim de que perfeitamente possa o Exm. Dr. Administrador julgar da inteira justiça dessa medida, basta considerar que **a nossa zona postal abrange uma área vasta em que há, pelo menos, umas 600 casas**, distantes às vezes muitos metros uma da outra, dificultando assim a entrega da correspondência cedo aos moradores desta cidade e também obrigando o respectivo serventuário a dispendar energia, talvez superior a que sua organização física possa dispensar. Solicitamos pois, a s.ex. que nos preste este relevante serviço, que bem reconhecido e agradecido o será por todos nós, habitantes da frutuosa e muito próspera Nova Iguassú¹⁵. (grifo nosso).*

Mesmo naquela época, nosso então provinciano município não estava isento de ocorrências policiais, como o roubo à residência noticiado na edição de 19/04/1917:

Com pesar noticiamos que anteontem, a residência do nosso amigo Sr. Cap. Antônio Soares Netto, foi assaltada por audacioso ladrão. Em continenti foi levado o ocorrido do conhecimento das autoridades competentes, que logo se puseram em campo, não tendo, porém, conseguido descobrir o seu paradeiro.

O Sr. Cap. Alfredo Braz subdelegado local, continua envidando todos os esforços, no intuito de dentro de poucos dias, capturar o autor do assalto.



Para animar a família Iguaçuana, nessa segunda década dos anos 1900, uma ida ao circo era uma boa pedida. Na edição de 17/05/1917, o Correio da Lavoura nos dá conta da presença na Cidade da Troupe João Sant'Anna, com grandes espetáculos sábado e domingo, destacando-se as cançonetas e pilhérias com o conhecido Palhaço Gadanho.

Em junho, chegaria à Cidade o Circo Peruano, com grandes novidades, como o mono australiano Simonik, além do sucesso da farça burlesca "A Boneca", com espetáculos sábados e domingos.

Lastimavelmente, a edição de 12/07/1917, nos dá conta de um crime fatal, envolvendo um funcionário do dito circo, vítima de bala perdida:

Grave conflito

A pacífica população desta cidade foi surpreendida com a desoladora notícia de um conflito desenrolado domingo às primeiras horas da manhã, dando em consequência a morte de um empregado do Circo Peruano e vários feridos. O lamentoso fato originou-se num botequim, pois àquela hora já não tinha policiamento, a força se havia recolhido por ordem do comissário.

Lamentamos que tal ordem tenha sido dada, devido o funcionamento de botequins improvisados, acarretando a reunião dos últimos espectadores do Circo e alguns indivíduos que ainda se achavam nas imediações.

Dentre estes indivíduos o Aquino, que é mais conhecido por "Velho", alcoolizado, entrou no botequim do sr. Gonçalves Pereira, e derrubou uma das mesas, dando causa a uma discussão entre Pinto Duarte, Lafayete e "Velho", sendo serenada por intervenção de alguns presentes.

Momentos depois, Lafayete e Pinto Duarte encontraram-se nas imediações do botequim e travaram nova discussão, resultando disto o grave conflito, que teve por epílogo a morte de Joaquim, empregado do Circo, que estava a considerável distância, sendo alvejado e bem assim Pinto Duarte e Lafayete e João de Barros, que receberam ferimentos por tiro de revólver.

As vítimas receberam os primeiros socorros nas Farmácias Fluminense e Santo Antônio, sendo enviadas no primeiro trem para a Assistência. O cadáver do infeliz Joaquim foi removido

¹⁵ Na edição de 14/06/1917, ficamos sabendo que o pleito foi atendido, com a nomeação de um novo carteiro, etc.

para o cemitério, a fim de ser autopsiado. A polícia abriu rigoroso inquérito.



Na “Secção domestica”, as donas de casa Iguaçuanas podiam contar com dicas diversas, tais como deixar a roupa, após ensaboada, de molho durante um dia, em água com amoníaco como forma de obter roupa branca, clara e bem lavada, ou ainda podiam contar, na mesma seção, com deliciosas receitas como essa, publicada em 24/05/1917 (a receita é assinada por J. Trouxinha):

O prato do dia
Pão de Lot Yayá

Ovos 12, farinha de arroz 345 grams. Açúcar 345 grms. Passas 60 grms., Coco ralado 1, sal e cascas de limão raladas. Batem-se os ovos e açúcar, junte-se o coco, passas, sal e canelas e depois de bem batido, vai ao forno em fôrma untada de manteiga.



Fig. 1. Fachada da Farmácia Santo Antônio

Na mesma edição, saúda-se a *Gazeta de Nova Iguaçu*, já então com quatro anos de circulação, contando com a direção do Sr. Heraclyto de Queiroz.

¹⁶ Presentemente, margeiam a estrada de ferro a Avenida Marechal Floriano Peixoto e a Rua Coronel Bernardino de

Em 07/06/1917, a edição do Correio da Lavoura traz matéria relativa à necessidade de incrementar-se a limpeza urbana da Cidade:

Com a Municipalidade

Chamamos a tenção do Sr.Dr. Manoel Reis, operoso presidente de nossa edilidade, para o estado em que se encontram presentemente a maioria das ruas de Nova Iguaçu.

Aproximando-se o dia da festa do padroeiro desta cidade, que, pelo tradicional brilhantismo, atrai elevado número de pessoas de toda a circunvizinhança, torna-se indispensável a limpeza das vias públicas.

Vamos ter a honra de receber a visita do ilustre prelado fluminense e desejamos que S. Exc. Rvma. Leva desta cidade a mais grata impressão.

Urge que o Dr. Reais providencie na limpeza da rua Marechal Floriano Peixoto e da rua Formosa, que margeiam a estrada de ferro¹⁶, e, se possível, estender esse serviço às demais ruas. Estamos certos que S.S., amante e pugnador do progresso desta terra, tomará em consideração o nosso pedido.

A edição de 14/06/1917 nos fala de um importante melhoramento:

Importante melhoramento em Nilópolis

No dia 1º do corrente teve início na Estação de Engenheiro Neiva, futura Nilópolis, o serviço de retificação de um trecho do rio Bangu.

Esse importante melhoramento, dirigido pelos distintos engenheiros srs. Dra. José da Rocha Miranda e Adolpho Albuquerque, evitará as inundações na referida localidade, especialmente nos dias pluviosos.

O snr. Major A. Antunes, vice-presidente da Câmara Municipal, tem assistido aos trabalhos, tomando grande interesse.

Ne edição de 23/08/2017, anuncia-se para breve e reabertura do cinematógrafo, de propriedade do Sr. Casario Machado.



Para quem acha que roubo de fios elétricos, etc., é coisa dos tempos mais recentes, pode causar surpresa a edição de 30/08/2017 do Correio da Lavoura:

Melo. Inferimos, então, que a Coronel Bernardino de Melo chamava-se, à época, Rua Formosa.

Os gatunos agem...

Assassinato em Queimados

Anteontem, às 20:30 horas, pouco mais ou menos, deu-se em Queimados um bárbaro assassinato, perpetrado por um dos muitos larápios que, zombando da ação enérgica de nossas autoridades, vivem a roubar fios de telefone e canos de chumbo¹⁷.

A vítima foi o Sr. Antônio Costa, suplente do subdelegado daquele distrito, que surpreendera diversos meliantes no "trabalho" de diminuir os fios telefônicos.

Dando voz de prisão, no exato cumprimento do dever, recebeu um tiro em pleno peito, sendo imediata a sua morte. Os ladrões fugiram, estando a polícia desta cidade no encalço dos mesmos.

Horas depois o Sr. Coronel Azevedo Júnior, ativo delegado deste município, coadjuvado pelo Sr. Capitão Alfredo Braz de Souza, conseguiu prender Abel Loureiro, de nacionalidade portuguesa, sobre quem recaem graves suspeitas. Foi aberto rigoroso inquérito.

Na edição de 11 de outubro, a notícia da prisão do criminoso, bem como mais esclarecimentos sobre o crime:

Os gatunos agem...

Assassinato em Queimados

A prisão do criminoso

No dia 28 de agosto p. findo, conforme então noticiamos, deu-se na vizinha localidade de Queimados um bárbaro assassinato, perpetrado por um larápio, sendo vítima o Sr. Antônio Costa, suplente do subdelegado daquele distrito, que tombou no cumprimento do dever.

A polícia deste município, a cuja frente se encontra o Sr. Coronel Azevedo Júnior, abriu rigoroso inquérito, empreendendo diversas diligências.

Trata-se de roubos de fio da Companhia Telefônica e da Estrada de Ferro, que de há muito se vêm registrando.

Foi preso à Rua Barão de Guaratiba¹⁸ (?) nº 20, na Capital, o assassino do suplente Costa, o francês Benoit Pierre ou Maurice Pierre, que se acha recolhido à Cadeia Pública desta cidade, desde quinta-feira última.

A prisão do terrível facínora foi conseguida pela polícia carioca, coadjuvada pela iguassuana representada pelo Sr. Coronel José Esteves de Souza Azevedo Júnior, e cap. Alfredo Braz de Souza, respectivamente delegado e subdelegado.

O criminoso disse ao Sr. Coronel Azevedo Júnior que, tendo ido pela primeira vez a Queimados, ali na estação, despachara os fios roubados pelos seus cúmplices, quando se

sentiu seguro por um homem. Não sabendo ser ele da polícia e vendo outras pessoas, receando uma agressão, atirou no seu detentor, fugindo para a capital, refugiando-se na pensão onde foi preso.

Benoit Pierre foi conduzido, anteontem, à Queimados, onde foi acareado com o seu compatriota Dietrich, que o denunciou, resolvendo confessar o emocionante drama.

A polícia do Rio Já conhece todos antecedentes do assassino, além de desertor do Exército francês, trata-se de um criminoso reincidente.

O Sr. Cel. Azevedo Júnior prossegue nas diligências para a captura de outros cúmplices.



Na edição de 06/09/1917, uma vez mais faz-se sentir a preocupação dos iguaçuanos com a evolução da educação:

Pela instrução

A Liga Brasileira contra o analfabetismo festeja amanhã o segundo aniversário de sua fecunda fundação, nutrido a esperança de ver que na data em que se comemorar o primeiro centenário da nossa independência, não haverá brasileiros analfabetos com a idade maior de 14 anos.

O nosso companheiro de trabalho, Sr. Silvino de Azevedo Filho, delegado da Liga nesta cidade, fará hoje uma preleção aos alunos do Curso Noturno, que dirige na sede do Tio Brasileiro de Iguassú.



Fig 2. Major Pariz

¹⁷ Pelo menos desde a Roma antiga, o chumbo, por ser um metal de fácil obtenção e dúctil, foi empregado na confecção de tubulações, notadamente para o transporte de água, etc.

¹⁸ Após a letra G há uma rasura no jornal.

Na mesma edição, na seção “hóspedes e viajantes”, encontramos:

Visitou esta cidade, hospedando-se na residência do Sr. Major Augusto Pariz, a ilustrada professora do estado D. Maria da Guia Paiva de Araújo, com exercício em Belém. A distinta educadora, que levou desta cidade a mais lisonjeira impressão, visitou os principais estabelecimentos em companhia do Sr. Major Pariz.

Essa notícia merece um destaque de nossa parte: O Major Pariz de que fala a notícia é o Prof. Augusto Monteiro Pariz (Fig. 2), um dos pioneiros na educação em Nova Iguaçu, e que hoje dá nome a ruas e escolas em nossa Cidade.



Na edição de 13/09/1917, temos:

Posto medico

Acha-se funcionando, na Farmácia Fluminense, com toda a regularidade, o Posto Médico – Cirúrgico Dentário que, graças à dedicação do distinto farmacêutico Sr. Sebastião Herculano de Mattos, tem prestado extraordinários benefícios a seus inúmeros associados.

O conhecido facultativo, Sr.Dr. Augusto Silva, a quem está confiada a parte médica, dá consulta na Farmácia Fluminense às segundas, quartas e sextas feiras, das 13 às 16 horas.

O serviço dentário acha-se a cargo do distinto profissional, Sr. Dr. Carlos Novaes, que se encontra no gabinete à disposição dos associados às segundas, quintas e sábados, das 13 às 16 horas.

A mensalidade é de 2\$000 à 3\$000 estando ao alcance de todos.

A notícia nos permite fazer a inferência de que, à época, a assistência médica na Cidade fosse bastante precária¹⁹, visto o fato de uma farmácia atuar também como posto médico. Destaquemos ainda a espécie de “plano de saúde” oferecido, com mensalidades de “2\$000 à 3\$000 estando ao alcance de todos”. Se lembramos do anúncio do Açougue Central, oferecendo “especialidade em linguiça e

salsichas”, à 1\$400 o quilo”, 2\$000 a 3\$000 Réis parece, efetivamente, um preço acessível.

E o progresso vai chegando, aos poucos (04/10/1917):

Agência dos correios em Nilópolis

O governo do Estado mandou instalar no 1º do corrente a agência do correio em Engenheiro Neiva, a futura Nilópolis, satisfazendo uma justa reclamação do “Bloco do Progresso de Nilópolis”, secundada pelo Sr.Dr. Manoel Reis.

A agência, que está confiada à Exma. Dra.D. Claudina Reis, funciona provisoriamente no escritório dos terrenos, em frente à estação.

Esse melhoramento causou grande júbilo entre os moradores da futura localidade.

Caso desejasse registrar sob forma de pintura cena familiar ou sua própria figura, o Iguaçuano poderia recorrer aos serviços de P. da Cunha Arruda, o Poluca, que ofereceria serviços de pintura “a óleo, a aquarella e crayon”, com preços sem competidor, à Rua Cel. Vespasiano, nº 8.



Em outubro de 1917, a varíola era motivo de preocupação no município:

Ante-hontem passou por esta cidade, no S M 10, que daqui parte às 11.16, alguns variolosos em contacto com os passageiros do carro de 2ª classe da causa, cuja procedência ignoramos.

Os passageiros reclamaram e quiseram impedir os doentes [de] prosseguirem a viagem, fazendo desembarca-los nesta estação, não levando a efeito devido a falta de recursos locais, bem como ao enternecimento de outros. E assim foram os variolosos até a Central sem mais providências.

Consta-nos que em Queimados bem como, nesta cidade, há varíola que terá proporções assustadoras, como já tem acontecido, se as autoridades municipais não tomarem as devidas providências.

No número de 25/10/1917, encontramos notícia que dá conta do atendimento farmacológico da população, bem

¹⁹ Lembremos que o hospital de Iguassú teria sua construção iniciada apenas em 1931.

como reforça inferência já feita: a farmácia terminava por ter múltipla função:

Graças a inteligente iniciativa do operoso coronel Jayme Esteves, estimado proprietário em Queimados, inaugurar-se-á, no dia 10 do mês vindouro, a Pharmacia S. José. O coronel Jayme Esteves, compreendendo a necessidade do povo dessa localidade, que de há muito [se] ressentia [da falta] de um estabelecimento dessa ordem, mandou transformar um dos seus prédios, adaptando-o com todos os requisitos da higiene.

O novo estabelecimento tem um espaçoso consultório e confortável laboratório, e será entregue a um hábil farmacêutico diplomado, ficando a clínica médica a cargo do conhecido facultativo Dr. Sá Freire.

Auguramos a Pharmacia S. José toda a sorte de prosperidade e esperamos que o povo de Queimados saiba corresponder aos esforços do coronel Jayme Esteves.



A inexistência de um mercado municipal²⁰ ou mesmo de uma feira pública no município, pode ser constatada por meio dessa notícia no nº 34 do Correio da Lavoura:

A feira livre

Em números anteriores temos batalhado pela construção nesta cidade de um pequeno mercado que, além de prestar incomparável benefício à população, aumentaria as rendas do município.

A Edilidade cogita de grandes melhoramentos, taes como rede de esgotos, calçamento das ruas, emfim uma remodelação completa da nossa urbs transformando-a numa cidade moderna, de rigorosa hygiene.

Distincto profissional acha-se incumbido do levantamento da planta da cidade.

Naturalmente o mercado não escapou da argucia dos nossos administradores.

Ora, enquanto não vem esse melhoramento a Câmara deve estabelecer uma feira livre, a exemplo da Capital da República, e cidade do Estado de S. Paulo, inclusive a própria Paulicéa.

A feira auxiliará muito a pequena lavoura, que não pode concorrer aos mercados do centro pela dificuldade de transportes.

Os moradores locais, assim, ficarão livres da vergonhosa ganância dos exploradores, que vivem concorrendo ao comércio honesto.

O preço dos gêneros indispensáveis encontra-se numa exorbitância incrível, tornando-se a vida muito difícil. Um dos lugares que julgamos apropriados para a instalação da feira, enquanto as finanças do município não comportam a construção do mercado, isto é, do pequeno mercado, é o terreno em frente ao espaço da Edilidade.

Apelamos mais uma vez para o patriotismo dos nossos governantes para a resolução desse problema do máximo interesse para os moradores de Iguassú.

Esperamos que ouçam a voz de uma folha independente, na verdadeira acepção da palavra, e que não se acha ligada a quaisquer partidos, visando apenas o progresso de invejável município.

Será preciso voltarmos sobre o assumpto ?

O transporte público também era uma das queixas/preocupações da população:

Pedem-nos chamemos a atenção do sr. Dr. Aguiar Moreira, diretor de nossa principal via férrea, sobre o insignificante o número de trens que circulam no ramal de Paracamby onde residem milhares de pessoas.

É inegável o progresso desta zona e muito maior seria se a direção da Estrada aumentasse os trens de passageiros.

Os moradores de Ricardo de Albuquerque, Anchieta, Engenheiro Neiva, Mesquita e Nova Iguaçu, ao que sabemos pensam em organizar comissões para entender-se com o ilustre engenheiro, que naturalmente desejará o progresso dessas localidades.

As rendas da central, sem a menor dúvida, hão de aumentar com a solução do palpitante problema.

Depende somente de uma questão de boa vontade.

Outra notícia, veiculada no nº 35 do Correio da Lavoura (15/11/ 1917) deixa claro o aumento da produção agrícola do município, além de nos permitir inferir que Morro Agudo (atual Comendador Soares) era uma das áreas de Nova Iguaçu onde concentrava-se a dita produção:

Morro Agudo

Os habitantes de Morro Agudo dirigiram um abaixo assinado ao sr. Dr. Aguiar Moreira, solicitando melhoramentos a que aquela Estação tem direito, redigido nos seguintes termos: Exmo. Sr. Dr. Diretor da estrada de ferro central do Brasil - Os abaixo-assinados, agricultores e comerciantes estabelecidos na zona servida pela estação

²⁰ O mercado de Santo Antônio (na esquina da Rua Bernardino de Mello com a Rua Dr. Thibau) só seria fundado em 15 de dezembro de 1946.

denominada Morro Agudo, confiantes no alto critério com que estão sendo superintendidos os consideráveis trabalhos da primeira via férrea que o Brasil possui, respeitosamente, se apresentam perante V. Ex. solicitando, empenhadamente os melhoramentos precisos na referida estação que, devido ao notável incremento que se vê na lavoura, já não oferece vantagens aos exploradores dos produtos colhidos na extensa localidade, pois que é manifesto a deficiência dos compartimentos indispensáveis para a facilidade do serviço a que o público tem direito, como a digna diretoria da Central poderá verificar, máxime nos últimos quatro meses do ano.

Releve V. Ex. declararem os interessados que aos próprios passageiros falta o conforto dispensado em outras paragens menos importantes. Em tais condições, o povo de Morro Agudo, a quem não tem passado despercebido o esforço empregado pela atual diretoria no sentido de proteger as classes menos favorecidas pela fortuna – E.R. Justiça.

Nessa época, Nova Iguaçu tinha também vida desportiva: No nº 36 (22/11/1917) lemos:

Deu-se quinta-feira última um encontro das equipes do Iguassú Foot-Ball Club e Pernambuco, do Engenho de Dentro.

No jogo preliminar dos 2ºs teams venceu a equipe do clube visitante por 2 X 1.

No encontro dos 1ºs teams saiu vencedor, brilhantemente, o clube local pelo significativo score de 7 X 1.

A concorrência de assistentes foi regular. A equipe vencedora do Iguassú estava assim constituída Quincas, Altamiro, Poni-Poni, Martins, Conceição, Tasso, Alarico, Edgard, Amorim, Tatú e Manduca.

Como na vida apenas a morte e os tributos parecem mesmo inevitáveis, nos nº 37 e 38 do Correio da Lavoura, os valores do imposto predial aparecem. Constatamos que o Paço Municipal estava isento do dito tributo, enquanto, por exemplo, os Srs. Carlos Antonio de Mattos e Domingos B. Freitas (com imóveis na Rua Marechal Floriano Peixoto), tiveram, que pagar, ao todo, 111\$000 e 65\$880, respectivamente.



The Bohr atomic model, the first ionization energy and the effective nuclear charge to element 119: understanding the periodic trends along group 1

Robson Fernandes de Farias

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Cx. Postal 1524, 59078-970 Natal-RN, Brasil robdefarias@yahoo.com.br

Abstract. In the present work, by using an empirical equation involving the “last” ionization energy for group 1 elements, the first ionization energy to element 119 is calculated as 4.12 eV. Such value is in good agreement with previously calculated ones. Furthermore, it is shown that, for group 1 elements, the second IE/first IE ratio tends to remain constant as Z increases, even for Fr and element 119, for which the relativistic contributions are pronounced. The effective nuclear charge to element 119 was calculated as 4.40 and for francium, $Z_{\text{eff}} = 3.83$.

Keywords: Element 119; Ionization energy; Super-heavy elements; effective nuclear charge

INTRODUCTION

As is well known, in the Bohr atomic model, the electron energy (in eV units) in a given energy level is given by:

$$E = Z^2 \cdot 13.6/n^2 \quad (1)$$

where n is an integer number (the main quantum number, we say today).

Of course, it is also well known that the Bohr model doesn't work well to atoms with higher atomic numbers. In fact, it works very well only to hydrogen ($Z = 1$).

However, if we use Eq. (1) to calculate the third ionization energy to Li ($Z = 3$) we obtain 122.40 eV as result, in very good agreement with the experimental value of 122.45

eV [1]. If we apply Eq.(1) to calculate the 7th ionization energy of nitrogen, we obtain 666.4 eV, once again in very good agreement with the experimental value: 667.05 eV [1].

Of course, such achievements are not a surprise, since if we remove "all but one" electrons from a given neutral atom, we will be left with a system composed of a nucleus and one electron, such as the hydrogen atom.

For such application, Eq. (1) works well even for higher Z values atoms, such as nickel ($Z = 28$), for which Eq. (1) give as a 10,662.4 eV energy to remove the last electron, against a reference value of 10,775.48 eV [2].

There is, in principle, no reason to believe that Eq. (1) would not work equally well for heavy elements, and even for super-heavy ones. Therefore, we will use Eq.(1) as a starting point to calculate the first ionization energy of element 119, comparing the value calculated here with the values available in the literature.

METHODOLOGY

Reference values [1] for the first ionization energies for K, Rb and Cs were plotted as a function of the energy required to remove the "last electron" from the same elements (calculated using Eq. 1). The graph obtained was a straight line ($r = 0.9999$), thus obtaining an empirical equation:

$$IE = -1,226 \times 10^{-5} E + 4.403 \quad (2)$$

where IE is the first ionization energy and E is the "last" ionization energy, such as calculated by using Eq. (1).

To obtain Eq. (2), Li and Na were left out as they are the lightest elements in the group.

Perhaps for some people, such an approach may seem too "primitive", but it has been verified that, when it comes to super-heavy elements, a simple approach can lead to effectively excellent results [3,4].

By using Eq. (2), we calculate to element 119 an IE value of 2.04 eV. However, in the case of heavy elements and, even more so, for super-heavy ones, relativistic contributions must necessarily be taken into consideration [5].

RESULTS AND DISCUSSION

To $Z = 119$, a Lorentz factor of 2.02 can be calculated, since $\gamma = 1/\{1-[(Z/137)^2/c^2]\}^{1/2}$. Hence, a value of $2.04 \times 2.02 = 4.12$ eV can be calculate to the first ionization energy of element 119, in very good agreement with the 4.04 eV previously calculated value, based on absolute hardness [4]. Even if element 119 is treated as a calcium cluster [6], first IE values ranging from 3.76 to 5.68 eV are obtained.

The result obtained is in a logical order of periodic variations. Let's see: The first ionization energies (eV) to Li, Na, K, Rb and Cs are, respectively [1]: 5.59, 5.14, 4.34, 4.18 and 3.89, following the logic that ionization energy decreases as we "descend" along the group, just as we learned in high school.

However, the first ionization energy of francium increases (compared to cesium) to 4.07 eV, reflecting the observed relativistic contraction in its atomic radius. Thus, the calculated value of 4.12 eV for element 119 is following this increasing trend, as the relativistic contribution become even more pronounced, with increasing Z values.

Based on the calculated IE value, the effective nuclear charge to element 119 can be calculated as: $8 (IE/13.6)^{1/2} = 4.40$, and for francium, $Z_{\text{eff}} = 3.83$.

The curve shown in Figure 1 is a plot of the second IE/first IE ratios as a function of the atomic number (Z) from Na to element 119. From Na to Cs, the employed first and second ionization energies are reference values [1]. To

francium, the first ionization energy employed was a reference value [1] and the second a previously calculated one [4]: $Li = 75.64/5.59 = 14.03$; $Na = 47.29/5.14 = 9.2$; $K = 31.63/4.34 = 7.29$; $Rb = 27.29/4.18 = 6.53$; $Cs = 23.16/3.89 = 5.96$; $Fr = 23.80/4.97 = 5.85$; $Element\ 119 = 20.72/4.12 = 5.03$.

As can be observed, the second IE/first IE ratio tends to remain constant as Z increases, even for Fr and element 119, for which the relativistic contributions are pronounced.

As previously verified to the period 7 elements [7], the IE values can exhibit "ups and downs" along the period (and, in the present study, along a group) taking into account that for some elements, the Z_{eff} contributions prevails whereas for another, the prevalence is of the relativistic factor, γ . As we can see by analyzing the curve in Figure 1, these factors tend to "equalize" as Z increases.

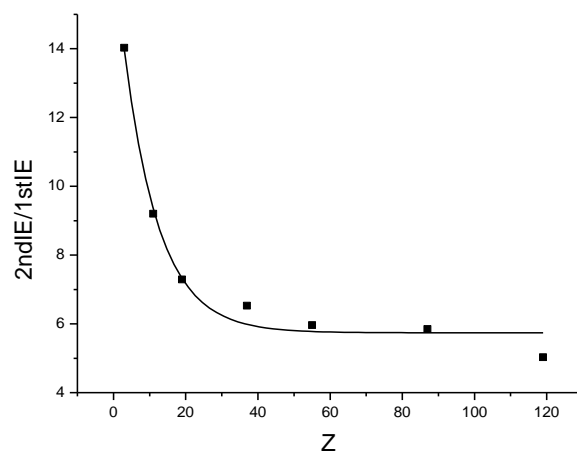


Figure 1. Second IE/first IE ratios as a function of the atomic number (Z) from Na to element 119.

REFERENCES

- [1] CRC Handbook of Chemistry and Physics 96th ed, CRC Press - Taylor and Francis, Boca Raton, 2016.
- [2] J. Sugar, C. Corliss., Atomic energy levels of the iron-period elements: potassium through nickel, *J. Phys. Chem. Ref. Data*, 14 (2) (1985) 1–664.
- [3] R.F. de Farias, Estimation of some physical properties for tennessine and tennessine hydride (TsH), *Chem. Phys. Letters*, 667 (2017) 1-3. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cplett.2016.11.023>.
- [4] R.F. de Farias, The first and second ionization energies of the element 119: absolute hardness and Mulliken electronegativity for the cation 119⁺ based on an empirical equation involving absolute hardness, *Mendeleev Commun.*, 28 (2018) 306-307. <https://doi.org/10.1016/j.mencom.2018.05.026>.

- [5] R.F. de Farias, Computational Gas-Phase Formation Enthalpy and Electron Affinity for Platinum Hexafluoride: Is Gaseous PtF₆ Diamagnetic because of a Relativistic Effect?, *Inorg. Chem.*, 55 (23) (2016) 12126-12127. <https://doi.org/10.1021/acs.inorgchem.6b02618>.
- [6] R.F. de Farias, Super-heavy elements (Z = 110 to 120) treated as calcium clusters :ionization energies, *Mens Agitat*, 15 (2020) 130-131.
- [7] R.F. de Farias, Estimation of Clementi effective nuclear charges and ionization energies for superheavy elements: explaining the variations for IE along period 7, *J. Atoms and Molecules*, 8(1) (2018) 1155-1159.



Mens Agitat 19 (2024) 14-21

ISSN 1809-4791

14

Aerotermodinâmica de Veículos Espaciais em Reentrada Atmosférica

João Carlos Monteiro Prado^{1*}, Paulo César de Oliveira Júnior², Alexander Alberto Camacho Solano², Heidi Korzenowski¹, George Santos Marinho³, Sandi Itamar Schafer de Souza³, João Carlos Arantes Costa Júnior³, Paulo Gilberto de Paula Toro^{2,3}

¹Universidade do Vale do Paraíba (UNIVAP). Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo (FEAU). Av. Shishima Hifumi, 2911 – Urbanova. CEP 12.244-390 – São José dos Campos (SP), Brasil. **E-mails:** jcaerospaceeng@gmail.com, heidi.korzenowski@gmail.com

²Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA). Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologias Espaciais (PG-CTE). Praça Marechal Eduardo Gomes, 50 – Vila das Acácias. CEP 12.228-900 – São José dos Campos (SP), Brasil. **E-mails:** paaulocz@gmail.com, alexcamachosolano79@gmail.com, toro11pt@gmail.com

³Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Escola de Ciências e Tecnologia (ECT). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Aeroespacial (PPGEA). Av. Senador Salgado Filho, 3000 - Campus Universitário, Lagoa Nova. CEP 59.078-970 – Natal (RN), Brasil. **E-mails:** george.marinho@ufrn.br, sandisouza99@gmail.com, arantes_jr@yahoo.com.br, toro11pt@gmail.com

Resumo

Um dos principais problemas relacionados aos veículos espaciais, durante passagem pela atmosfera terrestre, é o aquecimento aerodinâmico resultante da conversão da energia cinética do escoamento em calor. Em geral, o fluxo de calor é mais elevado no ponto de estagnação, situado no bordo de ataque do veículo. A previsão adequada do aquecimento aerodinâmico é de suma importância para escolha/seleção do material a ser utilizado no revestimento do veículo, garantindo proteção térmica necessária para manter a temperatura de suas paredes internas em níveis aceitáveis, bem como evitar problemas de telemetria após a reentrada atmosférica. A previsão adequada do aquecimento aerodinâmico consistia em grande desafio antes do advento da Dinâmica dos Fluidos Computacional (CFD), uma vez que a resolução das equações da conservação da massa, quantidade de movimento e energia era realizada analiticamente. Nesse sentido, houve esforço substancial para obtenção de soluções aproximadas e, com ajuda de dados experimentais, desenvolver relações de engenharia para prever o aquecimento aerodinâmico. Assim, no presente trabalho, teve-se por objetivo determinar o aquecimento aerodinâmico no ponto de estagnação do bordo de ataque de um veículo aeroespacial voando na altitude de 23 km em velocidade correspondente a número de Mach 5,8. Foram analisados casos para corpo rombudo com dois raios de curvatura: 2,54 mm e 279 mm. A partir dos resultados foi observado que o aquecimento aerodinâmico é maior para corpo com menor raio: 2,458 MW/m² para raio de 2,54 mm e 0,232 MW/m² para raio de 279 mm.

Palavras-chave: Fluxo de calor, aquecimento aerodinâmico, foguete de sondagem, scramjet.

Abstract

One of the main problems related to space vehicles, during passage through the Earth's atmosphere, is the aerodynamic heating resulting from the conversion of the flow's kinetic energy into heat. In general, the heat flow is highest at the stagnation point, located at the leading edge of the vehicle. Adequate prediction of aerodynamic heating is extremely important for the choice/selection of the material to be used in the vehicle's coating, ensuring the necessary thermal protection to maintain the temperature of its internal walls at acceptable levels, as well as avoiding telemetry problems after atmospheric re-entry. Adequate prediction of aerodynamic heating was a major challenge before the advent of Computational Fluid Dynamics (CFD), since solving the equations for the conservation of mass, momentum, and energy was carried out analytically. In this sense, there was substantial effort to obtain approximate solutions and, with the help of experimental data, develop engineering relationships to predict aerodynamic heating. Thus, in the present work, the objective was to determine the aerodynamic heating at the stagnation point of the leading edge of an aerospace vehicle flying at an altitude of 23 km at a speed corresponding to Mach number 5.8. Cases were analyzed for blunt bodies with two radii of curvature: 2.54 mm and 279 mm. From the results it was observed that aerodynamic heating is greater for bodies with a smaller radius: 2.458 MW/m² for a radius of 2.54 mm and 0.232 MW/m² for a radius of 279 mm.

Keywords: Heat flux, aerodynamic heating, sounding rocket, scramjet.

1. INTRODUÇÃO

A estimativa do aquecimento aerodinâmico (fluxo de calor por convecção) é um dos principais problemas que afetam veículos aeroespaciais durante passagem pela atmosfera. Os veículos aeroespaciais podem ser classificados, basicamente, em duas classes:

- Veículos aeroespaciais, aeronaves ou veículos avançados utilizando sistema de propulsão aspirada (turbo jatos, ramjet, scramjet), que trafegam na atmosfera terrestre, onde o meio é considerado contínuo até aproximadamente 86 km de altitude;
- Veículos espaciais, motores foguetes, que primeiramente realizam voo ascendente até alcançar velocidades orbitais (cerca de 8.000 m/s, necessária à satelização ou velocidades de escape (em torno de 11.000 m/s, necessária as missões lunares ou interplanetárias);
- Veículos de reentrada atmosférica, cápsulas que retornam da Lua (e.g., Apollo, Lunik e Chang), e sondas para coleta de amostras de cometas e asteroides (e.g., Stardust, Osiris-Rex e Hayabusa), ou cápsulas de entrada em atmosferas extraterrestres (e.g., Vênus, Marte) ou de outras luas (e.g., Titã).

O aquecimento aerodinâmico de um veículo que se desloca através da atmosfera resulta, basicamente, da conversão da energia cinética em calor, devido, inicialmente, à compressão do ar após a onda de choque e, posteriormente, ao atrito entre moléculas gasosas da atmosfera e a superfície do veículo. Durante a reentrada, ainda que em menor escala, também ocorre aquecimento devido à re-irradiação de calor proveniente da ablação do material de proteção do veículo.

O aquecimento aerodinâmico é bastante intenso nos primeiros 100 km da atmosfera terrestre, que corresponde à região onde a massa específica do ar é maior. Logicamente, o efeito cinético ocorre tanto no voo ascendente de veículos em direção ao espaço quanto na reentrada na atmosfera. Todavia, o problema da reentrada é mais crítico, uma vez que a velocidade com que os veículos penetram na atmosfera

terrestre é da ordem de 10 km/s. O objetivo da reentrada atmosférica de veículos espaciais é a recuperação da carga-útil alojada no interior do veículo. Consequentemente, torna-se necessário proteger as superfícies externas desses veículos contra elevadas temperaturas.

Para que o projeto do sistema de proteção térmica proporcione um dimensionamento eficiente, maximizando a capacidade de transporte de carga útil ao espaço, faz-se necessária uma análise minuciosa do fluxo de calor convectivo transferido ao veículo durante a reentrada.

Estudos teórico-analíticos (abordagem de engenharia), simulações teórico-numéricas (CFD), experimentos em laboratório e testes em voo são procedimentos atualmente disponíveis para estimativa dos ambientes aerodinâmicos internos e externos de um veículo em voo hipersônico através da atmosfera terrestre impulsionado por sistemas convencionais de propulsão química (motor foguete de propulsão sólida e/ou líquida). Esses procedimentos servem de fundamento ao projeto de veículos aeroespaciais impulsionados por sistemas de propulsão hipersônica aspirada (tecnologia scramjet).

Veículos que se deslocam em velocidades hipersônicas na atmosfera densa da Terra têm a estrutura altamente impactada pelas moléculas do ar. O ambiente térmico severo ao qual são submetidos durante o voo apresenta desafios técnicos significativos, demandando recursos materiais e humanos para que sejam superados.

Um dos principais desafios ao avanço das tecnologias disruptivas é desenvolver um veículo aeroespacial capaz de suportar as altas cargas térmicas decorrentes do aquecimento aerodinâmico concomitante às cargas mecânicas (pressão dinâmica) esperadas durante o voo hipersônico. As considerações de projeto térmico são críticas para veículos hipersônicos, e os engenheiros procuram incorporar restrições de aquecimento no projeto preliminar.

2. FUNDAMENTAÇÃO

Os dispositivos laboratoriais e os métodos teórico-numéricos aplicáveis ao projeto de veículos hipersônicos

apareceram nas décadas de 1960 e 1970, respectivamente. Enquanto os métodos de engenharia foram desenvolvidos nos meados da década de 1950, baseados na extrapolação de soluções aplicadas em escoamentos incompressíveis e soluções de equações self-similares da camada limite aplicáveis a escoamentos supersônicos e hipersônicos.

Geralmente, métodos de engenharia são aplicados em sistema de proteção térmica (TPS), possibilitando a seleção criteriosa de materiais a serem usados em veículos hipersônicos, visando manter a estrutura dentro do limite de temperatura do material.

2.1 Satélite Recuperável Atmosférico (SARA)

Na década de 1990, o Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE), do Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (DCTA), iniciou estudos de viabilidade e a concepção preliminar de um pequeno veículo de reentrada atmosférica denominado SARA (Satélite Recuperável Atmosférico) (Fig. 1), com objetivo de desenvolver um satélite de dimensões reduzidas, recuperável em solo e reutilizável. A plataforma SARA poderia ser empregada em experimentos de microgravidade (10^{-5} g), em órbitas equatoriais baixas (300 km), de curta permanência (10 a 15 dias) [1].

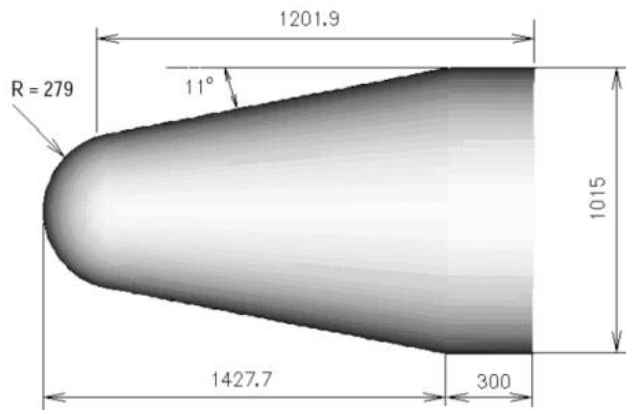


Figura 1. Representação dimensional (mm) da geometria externa da plataforma de reentrada SARA [1].

No projeto, considerou-se que o SARA não sofreria variação significativa de velocidade nas camadas superiores da atmosfera, i.e., acima de 100 km (Fig. 2). Porém, ao encontrar as camadas mais densas da atmosfera (durante o voo de reentrada), a partir de 90 km de altitude, seria submetido a substancial conversão de energia cinética em térmica. O fluxo de calor máximo ocorreria a cerca de 5 minutos da trajetória de reentrada, sobre a região do “nariz” do SARA, com baixo coeficiente de arrasto, onde a temperatura do ar, após a onda de choque, seria da ordem de $6000\text{ }^{\circ}\text{C}$ (para uma temperatura ambiente do ar atmosférico de $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$). Em temperaturas dessa ordem de grandeza, desenvolvidas após a onda de choque, ocorre a dissociação do ar (oxigênio e nitrogênio) [2].

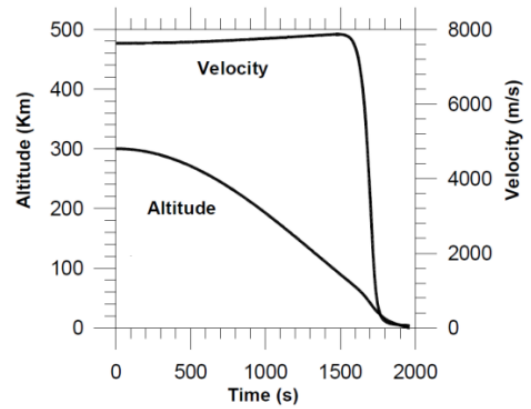


Figura 2. Representação da trajetória da plataforma de reentrada SARA [2].

A partir das considerações sobre condições de voo e do projeto da geometria, seleciona-se a teoria a ser aplicada para estimativa do aquecimento aerodinâmico ao qual o veículo estará sujeito.

2.2 Teorias de aquecimento aerodinâmico

Um veículo aeroespacial com bordo de ataque em forma de cunha estabelece onda de choque oblíqua (plana ou cônica), como ocorre no caso dos demonstradores XS-1 e X-15, projetados para voo na atmosfera terrestre respectivamente em velocidade supersônica e hipersônica, induzindo mínimo arrasto.

No caso de veículo de geometria rombuda, cilíndrica ou esférica (Fig. 1), estabelece-se uma onda de choque normal no ponto de estagnação, gerando elevado arrasto, de modo a reduzir o aquecimento aerodinâmico. Essa geometria foi aplicada aos módulos de reentrada dos veículos Vostok, Soyuz, Apollo, Space Shuttle e plataforma SARA, que se aproveitavam do arrasto para desacelerar [3].

No período entre 1950 e 1960, várias abordagens ao estudo do aquecimento aerodinâmico foram desenvolvidas, sendo aplicadas aos veículos espaciais. As teorias de Eckert [4] e de van Driest [5] foram baseadas em temperatura de referência e temperatura de recuperação, respectivamente, e possibilitaram estimar o aquecimento aerodinâmico sobre superfícies planas, que, posteriormente, foram aplicadas em projetos de veículos espaciais destinados a voo atmosférico em velocidades hipersônicas.

As teorias pioneiras de Lees [6] e Fay e Riddell [7] proporcionaram o entendimento físico do fenômeno, bem como sua descrição matemática, permitindo a modelagem de fluxos aerodinâmicos convectivos em veículos aeroespaciais rombudos voando em velocidades hipersônicas.

Ainda hoje, as teorias de aquecimento aerodinâmico [6-7], desenvolvidas entre 1950 e 1960, são aplicadas para se estimar analiticamente o fluxo convectivo em veículos aeroespaciais, utilizando sistema de propulsão hipersônica aspirada, em voo na atmosfera densa em velocidades hipersônicas [8-9].

Lees [6] e Fay e Riddell [7] estudaram a transferência de calor à superfície de um veículo espacial em velocidades

hipersônicas, com geometria rombuda, considerando a dissociação do ar atmosférico. Em ambos os trabalhos, os autores partiram das equações da camada limite incluindo a difusão, verificando a similaridade com a condução de calor, de modo a poder tratar o ar atmosférico como uma mistura binária de átomos e moléculas. Foram consideradas as equações básicas da camada limite para escoamento laminar constante sobre um corpo de revolução rombudo (esférico ou cilíndrico [6]-e somente esférico [7]).

Lees [6] e Fay e Riddell [7] aplicaram as coordenadas de similaridade (Eq. 1) e (Eq.2), que resultaram nas equações de engenharia (Eq. 3) e (Eq. 4), respectivamente.

$$\eta \equiv \frac{\rho_e u_e}{\sqrt{2\tilde{s}}} \int_0^y \frac{\rho}{\rho_e} dy \quad \tilde{s} \equiv \int_0^s \rho_e \mu_e u_e r_0^{2k} ds \quad (1)$$

$$\eta \equiv \frac{r u_e}{\sqrt{2\xi}} \int_0^y \frac{\rho}{\rho_e} dy \quad \xi \equiv \int_0^x \rho_w \mu_w u_e r^2 dx \quad (2)$$

$$\dot{q}_{t,ref} = 0.50 \cdot 2^{k/2} Pr^{-2/3} \sqrt{(\rho_e \mu_e)_0} \sqrt{u_\infty} h_{s_e} \frac{G(M_\infty; \bar{\gamma}; \gamma_\infty)}{\sqrt{R_0}} \quad (3)$$

$$h_{s_e} = \frac{u_\infty^2}{2} \quad \bar{\gamma} = 1.1-1.2$$

(entalpia do escoamento livre, não perturbado pela onda de choque normal)

$$G(M_\infty; \bar{\gamma}; \gamma_\infty) = \left(\frac{\bar{\gamma}-1}{\bar{\gamma}} \right)^{1/4} \left(1 + \frac{2}{\gamma_\infty - 1} \frac{1}{M_\infty^2} \right)^{1/4} \left(1 - \frac{2}{\gamma_\infty M_\infty^2} \right)^{1/4} \quad (4)$$

$$\dot{q}_{t,ref}^{k=1} = \frac{0.763}{(Pr)^{0.6}} (\rho_e \mu_e)^{0.4} (\rho_w \mu_w)^{0.1} (H_e - h_w) \left[\left(\frac{du_e}{dx} \right)_{t_2} \right]^{-0.5}$$

$$\left(\frac{du_e}{dx} \right)_{t_2} = \frac{1}{R_N} \sqrt{\frac{2(p_{t_2} - p_\infty)}{\rho_{t_2}}} \quad \text{representa o gradiente de velocidade, no interior da camada limite}$$

onde: os índices ∞ , e, w, representam o escoamento na atmosfera terrestre, ou velocidade de voo do veículo espacial, condições externas à camada limite, condições do escoamento na temperatura da superfície externa do veículo.

2.3 Teoria da onda de choque normal

Uma onda de choque normal é uma descontinuidade estabelecida (destacada) à frente de um objeto de configuração rombuda, no ponto de estagnação, que realiza voo em velocidade supersônica (acima da velocidade do som local) na atmosfera terrestre (Fig.3).

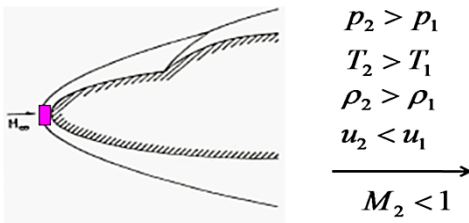


Figura 3. Representação da parte frontal de veículo aeroespacial com geometria rombuda e esquema da relação

entre as propriedades do ar antes e após a onda de choque normal.

O ar atmosférico que experimenta a onda de choque normal destacada à frente da geometria rombuda sofre um acréscimo nos valores das propriedades termodinâmicas (pressão, temperatura e massa específica), enquanto a velocidade do escoamento após a onda de choque normal é reduzida para velocidades subsônicas [10].

Quantificando-se as Leis de Conservação (massa, quantidade de movimento e energia) obtêm-se equações diferenciais parciais que podem ser aplicadas à estimativa do aquecimento aerodinâmico do veículo.

Considerando-se o modelo de elemento (de fluido) infinitesimalmente pequeno, fixo no espaço, em coordenadas cartesianas, na forma conservativa e ignorando-se as forças de campo, obtêm-se equações diferenciais parciais não lineares hiperbólicas. Ainda, considerando-se o escoamento em regime permanente (massa, quantidade de movimento e energia não variam em função do tempo), unidimensional na direção x, sem efeitos viscosos, sem troca de calor, chega-se à caracterização da onda de choque normal, como está representada na Fig. (4). Desse modo, o fenômeno pode ser descrito por três equações (continuidade, quantidade de movimento na direção x, e energia) e quatro incógnitas (p_2 , T_2 , ρ_2 e u_2) [10].

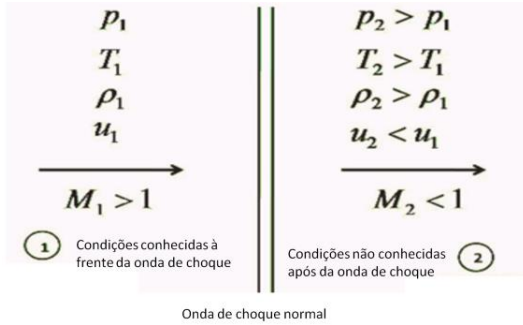


Figura 4. Caracterização de onda de choque normal [10].

Manipulando-se as equações da onda de choque normal, e considerando-se o ar como gás caloricamente perfeito, obtêm-se as relações das propriedades termodinâmicas do ar através da onda de choque normal, razão da pressão (Eq. 5), razão da massa específica (Eq. 6) razão da temperatura (Eq. 7), e velocidade (número de Mach) do escoamento de ar (Eq. 8) [10].

$$\frac{p_2}{p_1} = 1 + \frac{2\gamma}{(\gamma+1)}(M_1^2 - 1) \quad (5)$$

$$\frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{u_1}{u_2} = \frac{M_1^2(\gamma+1)}{2 + (\gamma-1)M_1^2} \quad (6)$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{h_2}{h_1} = \frac{p_2}{p_1} = \left[1 + \frac{2\gamma}{(\gamma+1)}(M_1^2 - 1) \right] \left[\frac{2 + (\gamma-1)M_1^2}{M_1^2(\gamma+1)} \right] \quad (7)$$

$$M_2^2 = \frac{1 + \frac{\gamma-1}{2}M_1^2}{\gamma M_1^2 - \frac{\gamma-1}{2}} \quad (8)$$

sendo: p , ρ , h e T correspondentes às propriedades termodinâmicas pressão, massa específica, entalpia e temperatura, enquanto M e u correspondem ao número de Mach e a velocidade do escoamento, respectivamente, com os índices 1 e 2 correspondendo às condições antes e após a onda de choque normal, respectivamente.

2.4 Estratégia para estimar o aquecimento aerodinâmico

Primeiramente, determinam-se a pressão (Fig. 5), a temperatura (Fig. 6), a massa específica (Fig. 5) e a velocidade do som (Fig. 6) na altitude de voo do veículo espacial [11]. Observa-se que pressão e massa específica diminuem em função do aumento da altitude (comportamento de uma equação exponencial). Enquanto temperatura do ar e a velocidade do som têm o mesmo comportamento, visto que a velocidade do som é função da temperatura do ar.

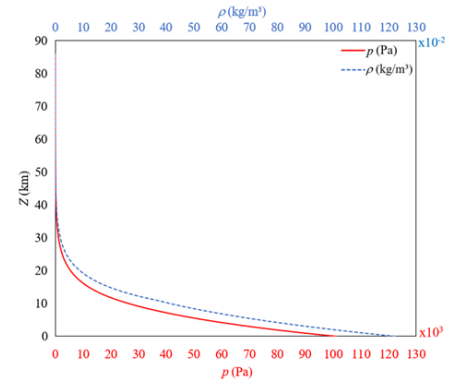


Figura 5. Variação da pressão e da massa específica do ar em função da altitude.

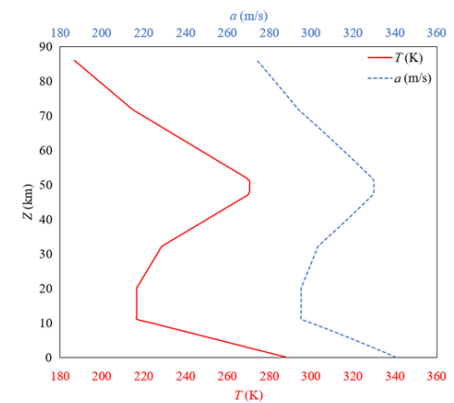


Figura 6. Variação da temperatura do ar e da velocidade do som em função da altitude.

Em seguida, determinam-se as razões das propriedades pressão (Fig. 7), temperatura (Fig. 8) e massa específica (Fig. 9) do escoamento após o estabelecimento da onda de choque normal, destacada.

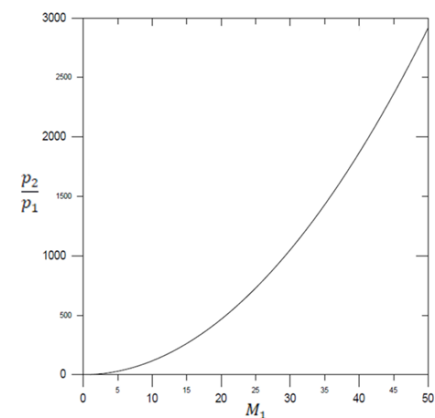


Figura 7. Razão da pressão em função do número de Mach de voo do veículo espacial.

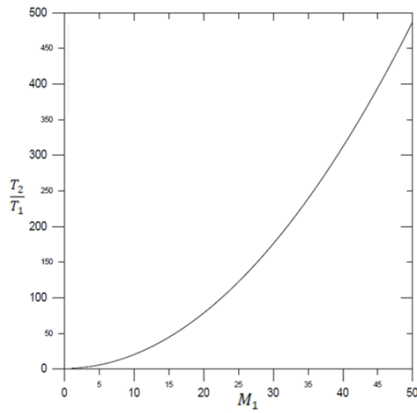


Figura 8. Razão da temperatura em função do número de Mach de voo do veículo espacial.

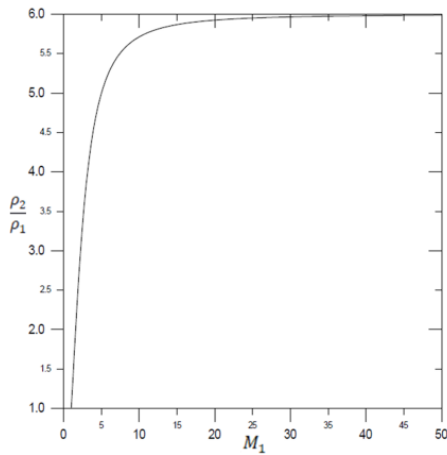


Figura 9. Razão da massa específica em função do número de Mach de voo do veículo espacial.

Conhecidas as propriedades do ar atmosférico na altitude de voo (Figuras 5 e 6), determinam-se as propriedades do ar atmosférico após a onda de choque, utilizando-se as razões das propriedades (Figuras 7, 8 e 9), e o número de Mach após a onda de choque normal (Fig. 10).

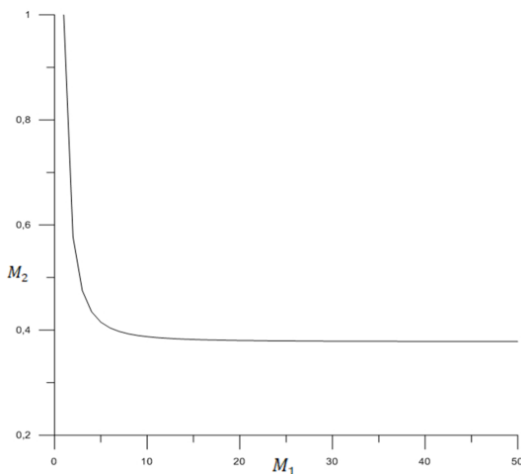


Figura 10. Relação entre números de Mach do escoamento através (M_1) e após (M_2) a onda de choque normal para voo de veículo espacial.

Finalmente, estima-se o aquecimento aerodinâmico utilizando-se a teoria de Fay e Riddell [6], aplicada ao ponto de estagnação de um veículo hipersônico rombudo (Fig. 3).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Morgenstern Jr. e Moraes Jr. [1] sugeriram realizar estudos da aerodinâmica da plataforma SARA considerando-se números de Mach entre 2 e 6. Assim, no presente trabalho, considerou-se que o veículo aeroespacial (plataforma SARA) está voando em velocidade hipersônica de 1723 m/s, na altitude de 23 km (Tab. 1), correspondendo a número de Mach 5,8 (Tab. 2). As propriedades termodinâmicas da atmosfera terrestre (Tab. 1), na altitude geométrica de 23 km, foram obtidas do modelo da Atmosfera Padrão norte-americana de 1976 [11].

Tabela 1. Propriedades termodinâmicas do ar atmosférico a 23 km de altitude.

Z (m)	T (K)	p (Pa)	ρ (kg/m ³)	a (m/s)
23	219,57	3466,86	0,05501	297,05

Na Tab. (2) apresentam-se as razões das propriedades termodinâmicas p_2/p_1 , T_2/T_1 , e ρ_2/ρ_1 , através da onda de choque normal, e as propriedades p_2 , T_2 , e ρ_2 do escoamento que experimentou a onda de choque normal destacada.

Observa-se na Tab. (2) que as propriedades termodinâmicas p_2 , T_2 , e ρ_2 do escoamento após a onda de choque normal destacada sofreu um acréscimo, enquanto a velocidade (número de Mach) sofreu um decréscimo até atingir valor subsônico.

Ainda na Tab. (2), observa-se que a temperatura total é constante através da onda de choque normal, o que está de acordo com a conservação da energia.

Tabela 2. Razão entre propriedades termodinâmicas e após a onda de choque normal, a 23 km de altitude.

	Antes da onda de choque normal	Após a onda de choque normal
M_{in}	5,80	5,80
M_{out}	-	0,41
p_2/p_1	-	39,09
T_2/T_1	-	7,48
ρ_2/ρ_1	-	5,22
p (Pa)	3466,86	135502,70
T (K)	219,57	1642,86
ρ [espaço] (kg/m ³)	0,05501	0,28733
a (m/s)	297,05	812,54
u (m/s)	1723,00	329,84
T_{total} (K)	1697,01	1697,01

Conhecendo-se a variação dos valores das propriedades termodinâmicas (Tabelas 1 e 2), o aquecimento aerodinâmico do veículo aeroespacial hipersônico pode ser estimado utilizando-se a teoria de Fay e Riddell [6].

No ponto de estagnação, considerando-se um raio de curvatura de 2,54 mm, o fluxo de calor foi estimado em aproximadamente 2,458 MW/m². Quando se considera o raio de curvatura da plataforma SARA (279 mm, Fig. 1), estima-se o aquecimento aerodinâmico em cerca de 0,232 MW/m².

5. CONCLUSÕES

A previsão do aquecimento aerodinâmico de veículos aeroespaciais tem sido um desafio aos projetistas desde antes da Segunda Guerra Mundial, envolvendo a resolução das equações que descrevem a conservação de massa, quantidade de movimento e energia. Naquela época, não havia possibilidade de resolução das equações por meios computacionais, uma vez que ainda não estavam disponíveis. Nesse contexto, houve um esforço substancial para obter soluções aproximadas e, com a ajuda de dados experimentais, desenvolver relações de engenharia para prever o aquecimento aerodinâmico. Métodos básicos de engenharia, nos quais o veículo é dividido em regiões de escoamento local gerenciáveis, constituem a abordagem adotada em projetos de veículos hipersônicos (e.g., Space Shuttle).

Analisando-se os resultados obtidos, percebe-se que o fluxo de calor é inversamente proporcional ao raio de curvatura do corpo rombudo no bordo de ataque do veículo aeroespacial. Assim, para mesmas condições de voo (altitude de 23 km e velocidade correspondente a número de Mach 5,8), o fluxo de calor no ponto de estagnação do bordo de ataque de um veículo com raio de 2,54 mm é aproximadamente 10 vezes superior ao fluxo de calor em um veículo com raio de 279 mm.

Iniciado em 1961, o PEB – Programa Espacial Brasileiro permitiu dotar o país de infraestrutura para fabricação de foguetes, satélites e outros veículos espaciais (e.g., plataforma SARA), além da implantação de bases de lançamento (CLBI e CLA), criação da AEB – Agência Espacial Brasileira, de instituições de pesquisa (INPE, IAE) e da formação de recursos humanos. Para conquistar autonomia de acesso ao espaço, o Brasil ainda tem de superar grandes desafios. Entre eles, a produção de materiais que combinem resistência mecânica, leveza e resistência ao aquecimento aerodinâmico. Neste sentido, os autores consideraram a possibilidade de inserir este trabalho como subsídio às discussões sobre o tema, contribuindo para evolução da pesquisa teórico-experimental, imprescindível ao desenvolvimento do PEB.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001e com apoio do Programa de Cooperação Acadêmica em Defesa Nacional (PROCAD-DEFESA) processo nº 88881.387753/2019-01 (Projeto Desenvolvimento Nacionais em Propulsão Hipersônica Aspirada com foco no Acesso ao Espaço e Defesa); e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, do Fundo

Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – FNDCT; e do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações – MCTI processo nº 405558/2022-8 (Projeto Aero-Termo-Estrutural de um Demonstrador da Combustão Supersônica). O Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologias (PG-CTE), do ITA concedeu bolsa de doutorado da CAPES (processo nº 88887.827926/2023-00) ao segundo autor. O CNPq processo nº 405558/2022-8 concedeu bolsa de pesquisa ao terceiro autor (350580/2024-3). Os autores também agradecem à Universidade do Vale do Paraíba (UNIVAP), à Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) e ao Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), pela infraestrutura disponibilizada e pelo apoio à realização das discussões sobre possíveis aplicações dos resultados deste trabalho à pesquisa em propulsão hipersônica aspirada.

REFERÊNCIAS

- [1] Morgenstern Jr., Algacyr e Moraes Jr., Paulo (2000) Aerodynamic characteristics of a recoverable orbital platform at high-speed flows. I Congresso Nacional de Engenharia Mecânica. (CONEM). Artigo IC8718.
- [2] Toro, P. G. P.; Minucci, M. A. S.; Ramos, A. G.; Chanes Jr., J. B. (2004) Experimental Investigation of the Re-entry Vehicle in Hypersonic Flow. III Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica (CONEM).
- [3] Allen H. J. (1958) Hypersonic Flight and the Re-Entry Problem: The Twenty-First Wright Brothers Lecture. *Journal of the Aerospace Sciences* 25(4):217–227.
- [4] Eckert E. R. G. (1955) Engineering relations for friction and heat transfer to surfaces in high velocity flow. *Journal of the Aeronautical Sciences* 22(8): 585–587.
- [5] Van Driest E. R. (1956) The problem of aerodynamic heating, *Aeronautical Engineering Review* 15(10):26-41.
- [6] Lees L. (1956) Laminar Heat Transfer Over Blunt-Nosed Bodies at Hypersonic Flight Speeds. *Journal of Jet Propulsion* 26(4):259–269.
- [7] Fay J. A. and Riddell F. R. (1958) Theory of stagnation point heat transfer in dissociated air. *Journal of the Aeronautical Sciences* 25(2):73–85.
- [8] Odam J, Neely A., Stewart B., Boyce R. (2005) Heating analysis of a generic scramjet. Paper presented at: AIAA/CIRA 13th International Space Planes and Hypersonics Systems and Technologies Conference, Capua, Italy.
- [9] Scigliano R., Pezzella G., Marini M., Di Benedetto S., Steelant J. (2016) Aerothermal Design of the Hexafly-int Glider. Paper presented at: AIAA SPACE 2016, Long Beach, California.
- [10] Anderson Jr. J. D. (2003) *Modern Compressible Flow: with Historical Perspective*. McGraw-Hill series in Aeronautical and Aerospace Engineering, Boston.

[11] U. S. Standard Atmosphere. NASA TM-X 74335. National Oceanic and Atmospheric Administration, National Aeronautics and Space Administration and United States Air Force. 1976.



Mens Agitat 19 (2024) 22-30

ISSN 1809-4791

22

Plataforma de Controle de Disparo para Operações de Foguetes Acadêmicos

João Carlos Monteiro Prado^{1*}, Daniel Brogini de Assis¹, Silas Camargo de Matos¹, Heidi Korzenowski¹, George Santos Marinho², Paulo Gilberto de Paula Toro^{2,3}

¹Universidade do Vale do Paraíba (UNIVAP). Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo (FEAU). Av. Shishima Hifumi, 2911 –Urbanova. CEP 12.244-390 – São José dos Campos (SP), Brasil. **E-mails:** jcaerospaceeng@gmail.com, brogini.d@gmail.com, silas@univap, heidi.korzenowski@gmail.com

²Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Escola de Ciências e Tecnologia (ECT). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Aeroespacial (PPGEA). Av. Senador Salgado Filho, 3000 - Campus Universitário, Lagoa Nova. CEP 59.078-970 – Natal (RN), Brasil. **E-mails:** george.marinho@ufrn.br, toro11pt@gmail.com

³Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA). Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologias Espaciais (PG-CTE). Praça Marechal Eduardo Gomes, 50 – Vila das Acácias CEP 12.228-900–São José dos Campos (SP), Brasil. **E-mail:** toro11pt@gmail.com²

Resumo

A prática de pesquisa e desenvolvimento de pequenos foguetes experimentais, seja no âmbito amador ou estudantil, é comumente chamada de foguetemodelismo. Esta atividade no Brasil é orientada por algumas normas e regulamentos. Porém, não há documentos que congregue todas as normas existentes e desconectadas, de modo a facilitar seu conhecimento. Muitas equipes não possuem ciência nem adotam práticas seguras em termos operacionais. Neste trabalho teve-se por finalidade criar um sistema eficiente, tanto na parte informacional e tática, reunindo um conjunto de doutrinas, hardwares e procedimentos capazes de garantir barreiras, físicas ou não, as quais buscam reduzir os riscos ofertados no manuseio e operações nas atividades de ensaios e lançamentos de minifoguetes. Para desenvolvimento do projeto foi realizada pesquisa bibliográfica baseada em protocolos de segurança visando a aplicabilidade da doutrina de Comando e Controle (C2) das forças armadas. Dentro da abrangência de um Sistema de Comando e Controle (SC2), o projeto focou na área de controle, aplicando à engenharia de sistemas, para estabelecer um sistema de controle de disparo eficiente e que garanta a segurança dos operadores e o exercício do comando e controle pela liderança da operação de lançamento. Buscou-se disponibilizar um sistema que envolve o emprego de elementos móveis, em forma de maletas, de fácil manuseio e transporte. O produto final, representado pelo segmento do SC2, é um Sistema de Controle de Disparo composto pelos equipamentos necessários e pessoal treinado, de maneira a garantir o controle das operações e segurança eficiente no disparo de foguetes.

Palavras-chave: Comando e Controle, Ignição, Sistema, Lançamento, Foguetes

Abstract

The practice of research and development of small experimental rockets, whether in the amateur or student environment, is commonly called model rocketry. This activity in Brazil is guided by some rules and regulations. However, there is no document that brings together all existing and disconnected rules in order to facilitate their knowledge. Many teams are not aware of nor adopt safe practices in operational terms. The purpose of this work is to create an efficient system, both in terms of information and tactics, which brings together a set of doctrines, hardware and procedures capable of guaranteeing barriers, physical or not, which seek to reduce the risks offered in handling and operations in the activities of testing and launching mini rockets. For the construction of the project, a bibliographic research was carried out based on security protocols aiming at the applicability of the Command and Control (C2) doctrine of the armed forces. Within the scope of a Command and Control System (SC2), the project focused on the control area, using systems engineering to create an efficient fire control system that guarantees the safety of operators and the exercise of command and control by the leadership of the launch. The culmination is a system that involves the use of mobile elements, in the form of suitcases, easy to handle and transport. The final product presented by the SC2 segment is a Fire Control System composed of the necessary equipment and trained personnel, in order to guarantee the control of operations and efficient safety in the firing of rockets.

Keywords: Command and Control, Ignition, System, Release, Rockets

1. INTRODUÇÃO

Desde 2018, a UNIVAP (Universidade do Vale do Paraíba) executa projetos de pesquisa e desenvolvimento (P&D) de pequenos foguetes experimentais em seu Laboratório de Jato Propulsão (LJP).

A Agência Espacial Brasileira (AEB), autarquia ligada ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI), apoia a prática do foguetemodélismo experimental em universidades [1]. A AEB também realiza eventos e amostras, além de apoiar atividades similares desenvolvidas por outras entidades no Brasil, tais como o Festival Brasileiro de Minifoguetes, organizado pela BAR (Brazilian Association of Rocketry), e a Latin American Space Challenge (LASC), segunda maior competição de foguetes experimentais do mundo.

A atividade de foguetemodélismo no Brasil, não possui um regulamento específico. Porém, segue algumas normas internas das próprias instituições participantes, normas recomendadas por agências governamentais ou associações de fomento da prática e regras estabelecidas pela autoridade aeronáutica ou pelas forças armadas. Alguns exemplos são as normas publicadas pela BAR [2].

É evidente, portanto, a necessidade de se avaliar protocolos de segurança, ou a falta deles, no âmbito das atividades relacionadas ao foguetemodélismo, sobretudo dentro das universidades do país.

No LJP / UNIVAP, desenvolve-se uma série de procedimentos visando a implementação de um Sistema de Gerenciamento da Segurança Operacional (SGSO), voltado a atividades de P&D, geralmente indoor, ou seja, no interior de laboratórios e oficinas. Ao mesmo tempo, o SGSO estende-se às atividades outdoor, ou seja, testes e lançamentos realizados em campo. Em termos de segurança, não há como definir quais atividades, indoor ou outdoor, necessitam mais atenção do SGSO, pois, do ponto de vista da garantia da saúde ocupacional dos operadores, paralela à garantia da integridade das instalações e sistemas empregados, a segurança e a taxa zero de acidentes ou incidentes é a meta maior, independentemente do local, das condições e das

circunstâncias dos trabalhos realizados. Embora essa seja uma realidade, do ponto de vista da gestão de riscos, estando em conformidade com a Norma ISO 45.001 [3], pode-se classificar as atividades outdoor como mais sensíveis, uma vez que práticas como ensaios em solo e lançamentos envolvem elementos perigosos, cuja combinação com exposição de pessoal resultam em riscos.

A partir da pesquisa de protocolos de segurança e da experiência da liderança do laboratório na indústria e em outras organizações, civis e militares, idealizou-se estudar a aplicabilidade da doutrina de Comando e Controle (C2) das forças armadas para estabelecer uma série de protocolos e sistemas que, quando combinados, proporcione barreiras garantidoras da segurança durante as atividades de ensaios e lançamentos, de forma a atender a demanda criada.

O Ministério da Defesa do Brasil [4] definiu o Comando e Controle (C2) como a ciência e arte que aborda o funcionamento de uma cadeia de comando, ou seja, o exercício do comando por uma autoridade sob as diferentes unidades, enviando ordens e dessas recebendo informações para que utilize seu poder decisório e emita novas ordens. Nesta concepção, o comando e controle envolve, basicamente, três componentes: a autoridade, apoiada por uma organização, da qual partem as decisões que consolidam o exercício do comando e para onde fluem as informações necessárias ao controle; a sistemática do processo decisório que permite a elaboração de ordens, constitui o fluxo de informações e garante meios para o cumprimento pleno das ordens; e a estrutura, incluindo pessoal, equipamento, doutrina e tecnologia necessários para que a autoridade possa acompanhar o desenvolvimento das operações.

O Sistema de Comando e Controle (SC2) é a agregação de tecnologias e procedimentos que apoiam a materialização das ações de Comando e Controle, ou seja, é o conjunto de instalações, equipamentos, comunicações, doutrina, procedimentos e pessoal essenciais para que o comandante planeje, dirija e controle as ações de sua organização visando atingir uma determinada finalidade [4].

Em ordem de adicionar barreiras físicas de proteção, em conjunto ao protocolo a ser seguido, objetivou-se criar métodos para mitigar os riscos inerentes às operações de testes e lançamentos, visando proporcionar maior segurança e efetividade operacional, reduzindo a possibilidade de falhas humanas ou eletrônicas. Desta forma definiram-se módulos que garantissem a segurança nos testes de motores e lançamentos dos foguetes e que deveriam ser compostos de elementos móveis, em forma de maletas, de fácil manuseio e transporte. Esses equipamentos permitem o acionamento dos motores de foguetes, além de receber os dados de telemetria dos veículos durante o voo e possibilitam a comunicação entre os líderes e os operadores a eles subordinados.

Para análise da viabilidade de desenvolvimento de um sistema dedicado à avaliação da segurança e funcionamento de um Sistema de Comando e Controle (SC2) aplicável às equipes de foguetemodélismo em atividade em universidades brasileiras, adotou-se o fluxograma de trabalho apresentado na Figura 1.

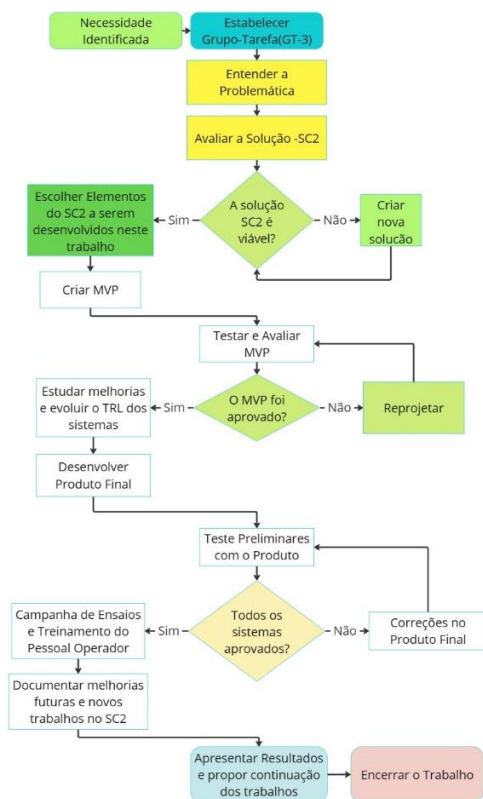


Figura 1. Fluxograma de Trabalho - Sistema SC2.

A utilização de dispositivos elétricos (“squibs”) para iniciar a queima da carga de ignição do propelente dos motores foguetes requer uma corrente elétrica, fornecidas por bateria, com tensão especificada pelo fabricante, bastando haver contato entre bateria-cabos-squibs para ocorrer a ignição. Esse método de acionamento não oferece barreiras de segurança contra um acionamento acidental, nem presta confiabilidade às conexões.

De forma a estabelecer um sistema seguro e eficiente de controle do disparo do foguete foi desenvolvido uma

Plataforma de Controle de Lançamento (PC), concebida na forma de uma maleta botoeira, onde são reunidas: uma fonte de energia; uma chave geral; um botão de disparo; botões de checklist e conectores para os cabos que levarão a energia da fonte até os squibs. Podem ser incorporados itens adicionais, como display da tensão atual da bateria, LEDs indicadores e demais periféricos, como monitor de vídeo, entre outros.

No presente trabalho, teve-se por objetivo apresentar uma Plataforma de Controle de Disparo para materialização de ações de Comando e Controle (C2), no âmbito das operações de lançamento de engenhos balísticos, visando a efetividade dos processos e o aumento da segurança operacional por meio do acréscimo de barreiras físicas, doutrinas e procedimentos. Para concepção do projeto, considerou-se a importância de se dispor de um Sistema de Comando e Controle (SC2) dotado de equipamentos (*hardware*) que inter-relacionam infraestruturas, protocolos, doutrinas, comunicações e módulo de aquisição de dados, para ser acoplado a um Sistema de Comando e Controle (SC2).

2. FUNDAMENTAÇÃO

De acordo com o Ministério da Defesa do Brasil [4], foguete é um engenho autopropulsado, cuja propulsão é causada pela ejeção de gases em expansão, gerado na câmara de combustão por propelentes, contidos no corpo do próprio aparelho, independentemente da admissão de substâncias externas para ocorrer a combustão, cuja trajetória balística não é controlada após o lançamento, ou seja, é não-guiado. [4]

Foguetes experimentais são engenhos autopropulsados de pequeno e médio porte, que podem ser desenvolvidos em universidades, escolas e outras organizações, com o objetivo de testar, qualificar e apresentar as tecnologias desenvolvidas por meio de metodologias empíricas [5].

De acordo com Palmerio [6], independentemente do porte, foguete é um projeto multidisciplinar que reúne áreas do conhecimento tão diversas como: Física, química, aerodinâmica, transferência de calor, tecnologia de materiais, engenharia de estruturas, processos de fabricação, eletrônica, dinâmica e controle de voo, propulsão, pirotecnia e trajetografia.

De acordo com a BAR [7], classificam-se minifoguetes em função do impulso total e do apogeu, como foguetemodé (motor-foguete comercial) ou experimental (motor-foguete produzido pela própria equipe).

Definem-se: *apogeu* como a altitude acima do nível do mar (AGL, Above Ground Level) atingida pelo foguete, e *impulso total* um parâmetro de medida da potência do sistema propulsivo do motor foguete, expresso em N.s (Newtons-segundo). Quanto maior for impulso total, mais potente será o dispositivo. A BAR utiliza classificação idêntica à adotada pela NAR (National Association of Rocketry) e pela FAR (Friends of Amateur Rocketry), entidades norte-americanas.

Foguetemodelos (FM) são veículos que habitualmente atingem apogeu de cerca de 300 de altitude, sendo geralmente fabricados e comercializados na forma de kits de montagem, didáticos ou para hobby. Comumente, utilizam-se materiais alternativos, como: papel-cartão, madeira de baixa densidade (balsa), plásticos e isopor, podendo-se utilizar materiais mais

avançados, como fibra de vidro ou de carbono, além dos semicondutores do sistema de eletrônica embarcada [5].

Foguetes experimentais, normalmente, são desenvolvidos por universitários, recebendo a denominação de foguete acadêmico, e atingem apogeu máximo de 12 km [7]. Em geral, todos os componentes do motor foguete, desde materiais estruturais de fibra de vidro ou de carbono, ligas de alumínio e correlatos), aerodinâmica, eletrônica embarcada e sistema de recuperação (paraquedas) são desenvolvidos, manufaturados e operados pelos próprios projetistas. O sistema propulsivo, por ser de fabricação própria, é classificado pela Associação Brasileira de Minifoguetes em níveis de 1 à 3, subdivididos em classes de A a O (apresentando 40.960 N.s de impulso total) [8].

Na Figura 2 apresenta-se o esquema de um minifoguete acadêmico típico, em geral construído de materiais de fácil aquisição e baixo custo, ou de materiais compostos, como fibra de vidro e fibra de carbono, podendo ser equipado com motores foguetes de propulsão sólida (propelente sólido homogêneo), híbrida (propelentes parte na forma sólida e parte na forma líquida ou gasosa) ou líquida. O sistema de recuperação é responsável por trazer a carga útil (eletrônica embarcada para altimetria e acionamento de eventos, como a ejeção controlada dos paraquedas) de volta ao solo em velocidade compatível à segurança e manutenção da integridade estrutural por meio de dispositivos geradores de arrasto aerodinâmico, como paraquedas. Foguetes (de sondagem) suborbitais podem carregar cargas-pagas, como sondas ou experimentos que. Foguetes orbitais, em geral, transportam satélites.

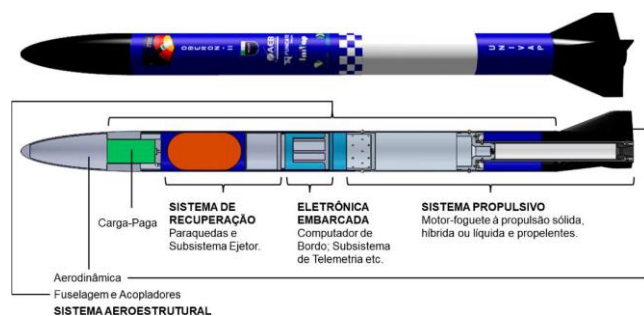


Figura 2. Esquema de um minifoguete acadêmico típico.

Os foguetes com capacidade para atingir grande apogeu realizam trajetória balística, sendo classificados como suborbitais, i.e., foguetes que não atingem a velocidade orbital (da ordem de 8.000 m/s). Portanto, não entram em órbita. O principal objetivo dos foguetes suborbitais, conhecidos como foguetes de sondagem, é atingir por instantes condição de microgravidade, possibilitando a realização de experimentos científicos.

Foguetes orbitais são os que atingem velocidade orbital em altitude acima de 100 km e completam ao menos uma órbita inteira ao redor da Terra. O Brasil opera dois centros de lançamentos de veículos espaciais: Centro de Lançamento da Barreira do Inferno (CLBI), localizado em Parnamirim – RN, e o Centro Espacial de Alcântara (CEA), em Alcântara – MA [9].

O foguetemodelismo é uma atividade extracurricular presente em universidades de vários países, e é prática amadora em diversas agremiações, sendo mais difundida nos EUA, onde existem associações como a NAR (National Association of Rocketry) e a FAR (Friends of Amateur Rocketry). No estado do Novo México (EUA), onde localiza-se o espaço porto da empresa Virgin Galactic, realiza-se anualmente o maior evento de foguetemodelismo do mundo: a Spaceport America Cup (SAC). Durante a SAC, ocorre o Intercollegiate Rocket Engineering Competition (IREC), a maior competição de engenharia de foguetes inter-universidades, congregando universidades de todos os continentes para disputar diversas categorias.

Em Portugal ocorre anualmente a European Rocketry Challenge (EuRoc), proporcionando às equipes europeias uma experiência próxima à encontrada na SAC.

Um estudo realizado por membros do Grupo de Desenvolvimento Aeroespacial (GDAe) da Universidade Federal do Ceará (UFC), em 2020 [10], sobre equipes de minifoguetes do Brasil, revelou que a grande maioria desenvolve minifoguetes à propulsão sólida. Trata-se de tecnologia mais simples e barata, porém, menos eficiente em termos de engenharia e, principalmente, menos seguros [10].

3. NORMAS E BOAS PRÁTICAS

O Brasil não possui regulamentação específica sobre operação de foguetes. São aplicadas diversas normas extraídas de vários órgãos, que elaboram critérios, recomendações e limites para os segmentos da atividade de foguetemodelismo.

Em 1999, a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) publicou o Regulamento Brasileiro de Homologação Aeronáutica (RBHA) 101, semelhante ao regulamento *14 CFR Subpart F, Part 101 da Federal Aviation Administration* (FAA) dos EUA, que estabelece definições, limitações e requisitos para operação de foguetes não tripulados no espaço aéreo do respectivo domínio territorial.

Similarmente ao que a FAA (*Federal Aviation Administration*) dos EUA explicita no regulamento *14 CFR Subpart F, Part 101*, a autoridade aeronáutica brasileira possui o RBHA 101. Elaborado sob os auspícios do extinto DAC – Departamento de Aviação Civil, hoje ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil, o RBHA 101 é uma publicação de 1999. Tanto o RBHA (Regulamento Brasileiro de Homologação Aeronáutica) 101 quanto seu congênere americano estabelecem definições, limitações e requisitos para operação de foguetes não tripulados no espaço aéreo nacional.

Importante enfatizar que o uso de espaço aéreo para lançamento de minifoguete está condicionado à autorização da Força Aérea Brasileira sempre que o aparelho possa atingir altura maior que 305 m em zona urbana, ou maior que 152 m em zona rural.

O uso de produtos químicos para fabricação de propelentes, desde a aquisição de componentes, produção, comercialização e armazenamento, é fiscalizado pelo Exército Brasileiro, por meio da Diretoria de Fiscalização de Produtos Controlados (DFPC) e do Comando Logístico (COLOG) [8].

A AEB [1] possui um manual de boas práticas e a BAR [2] possui normas específicas a respeito de segurança em lançamentos, que, quando seguidas, são ferramentas que tornam o risco inerente ao foguetemodelismo mitigável e a prática mais segura. Ainda, competições, treinamentos e palestras são organizados pela BAR e pela Latin American Space Challenge (LASC). Finalmente, a AEB instituiu o Programa E2T para apoiar financeiramente a prática em universidades.

Motta [11] publicou, em 2004, o manual “Segurança no Manuseio de Foguete”, no qual apresenta diversos procedimentos para garantir a segurança nas operações com foguetes, baseados nos procedimentos realizados no Centro de Lançamento da Barreira do Inferno (CLBI) no decorrer das operações do Projeto Poeira. Um dos procedimentos descritos trata do uso de tarjetas com cores de identificação pessoal do nível de conhecimento do plano de segurança e acesso às áreas de risco.

4. SISTEMA DE CONTROLE DE DISPARO

Inicialmente, foi desenvolvido o protótipo, baseado no Produto Mínimo Viável, idealizado para possibilitar, no mínimo, o cumprimento de uma missão e atendimento de uma demanda, possuindo apenas as funções necessárias para demonstrar a tecnologia que será entregue pelo produto final.

4.1. Plataforma de Controle de Disparo (PCD)

O Sistema de Controle de Disparo foi projetado para aumentar a segurança nas operações com foguetes, sendo composto por baterias, interface botoeira, linha de fogo e iniciador. Nas figuras 3 e 4 observam-se, respectivamente, o desenho e a imagem da Plataforma de Controle de Disparo (PCD), desenvolvida para estabelecer um procedimento seguro e eficiente da operação de lançamento.

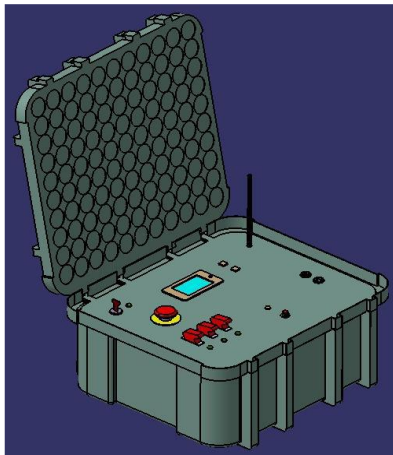


Figura 3. Maleta PCD idealizada pelos autores.

A PCD é composta por uma maleta plástica retangular, com tamanho médio, contendo em seu interior: barreiras físicas contra disparo acidental (1 chave de girar, tipo Pacri, responsável por ligar o circuito, deixando-o pronto para armar, até a completa evacuação da área de lançamento e 1 chave tipo alavanca, usada para armar o circuito para o

disparo); uma linha de fogo, com 50 m de cabo de cobre, de duas vias e com seção de diâmetro 1,5 mm; e 1 bateria de 12V, 7Ah, selada, modelo UP1270SEG.

4.1.1. Sistemas de Ignição de Foguetes

Foi desenvolvido um sistema de controle de disparo, destinado a proporcionar segurança à operação de ignição do propelente do foguete, de forma a prevenir a ocorrência de disparo acidental, evitando, por exemplo, o acionamento não intencionalmente do botão de disparo e o lançamento não previsto do foguete, ou que falhas técnicas (e.g., corrente elétrica parasita) resultem no acionamento do iniciador. Portanto, devem existir barreiras de segurança. No projeto do sistema de ignição, foram consideradas as condições seguintes: 1) a linha de fogo nunca deve ser conectada à interface antes da evacuação da área de lançamento; 2) os disjuntores físicos devem ser colocados entre a bateria e a linha de fogo de modo que impeçam a passagem de corrente. A colocação de disjuntores cumpre uma doutrina militar no manuseio de foguetes: Checar, Armar e Disparar.

4.1.2. Linha de Fogo e Iniciador

A resistência elétrica do circuito do Sistema de Controle de Disparo está nos cabos e no iniciador. Foi realizada uma série de experimentos para assegurar qual seria a tensão e a corrente mínimas necessárias para acionar o iniciador. Dessa forma, foi possível identificar os valores de tensão e correntes mínimas que devem ser observadas na fonte (bateria) para assegurar que o iniciador irá deflagrar sem chance de falha.

Nos testes, constatou-se que a corrente mínima de fogo do iniciador squib foi $\sim 0,48$ A e a tensão mínima necessária ~ 2 V. Esses valores variam muito devido a qualidade de fabricação dos dispositivos fornecidos pelos fabricantes. Portanto, visando-se aumentar a segurança em relação à confiabilidade e considerando-se o custo-benefício, definiu-se que a bateria responsável pelo acionamento do iniciador deve ter as especificações seguintes: tensão de 12V e carga com capacidade de 7Ah, proporcionando uma corrente de descarga de 2,10 A. A bateria tem a função de alimentar o circuito e demais dispositivos agregados a maleta, como o medidor multi-funções.

Finalmente, foi incorporada à PCD (Figura 4) um voltímetro portátil, para aferição da tensão durante a operação de Minifoguetes. Em junho de 2022, a PCD foi utilizada durante o VII Festival Brasileiro de Minifoguetes, realizado na UNIVAP, em São José dos Campos – SP, sendo responsável pelo lançamento de 21 foguetes, tendo operado durante 8 horas sem falhas.



Figura 4. Maleta PCD desenvolvida pelos autores.

4.2. Produto final da Plataforma de Controle de Disparo

Após a validação da PCD, realizada em junho de 2022, no VII Festival Brasileiro de Minifoguetes, foi aplicado o ciclo PDCA (Plan, Do, Check, Act). Trata-se de uma sequência de procedimentos, a saber: planejamento (fase de projeto); execução (fase de execução do projeto); monitoramento e checagem, por meio da execução de testes para validação e acompanhamento (fase de monitoramento e controle do projeto); e, por fim, análise de resultados e adoção de ações corretivas ou passagem à fase subsequente do projeto, incrementando-o até encerrar (Figura 5).

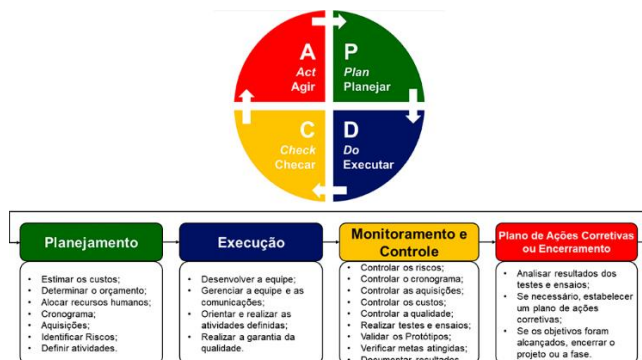


Figura 5. Ciclo PDCA, adaptada pelos autores.

Após a validação da PCD, executou-se o PDCA e incrementou-se o sistema com todas as funções além das primordiais, sendo adotadas as seguintes modificações:

- Aumentar o comprimento da linha de fogo para 120 m;
- Adicionar na interface (maleta) um visor, o qual mostra a tensão da bateria, corrente e afins;
- Adicionar mais duas chaves alavancas (tipo caça), a fim de garantir que o sistema só seja armado após 3 checklists;
- Adicionar um botão de emergência que desarma todo o sistema;
- Adicionar uma sirene (sinal sonoro) e um giroflex (sinal visual) ao sistema, de forma a garantir que todos no interior da Área de Operações tenham

ciência dos procedimentos que estão em vigor e assegurem a consciência situacional dentro do escopo do Sistema de Gerenciamento da Segurança Operacional (SGSO). Portanto, para garantir o acionamento do giroflex e da sirene, adicionou-se outra bateria, com mesma especificação do protótipo da PCD (Figura 4).

4.2.1. Linha de Fogo e Iniciador

Para evitar o superaquecimento da bateria, inseriu-se um capacitor de 220 μF no circuito, entre a bateria e as chaves de segurança, de forma que o iniciador (squib) opere corretamente (Figura 6).

No produto final, a linha de fogo é composta por um cabo elétrico PP, de duas vias, com seção transversal com 1,5 mm^2 , dividido em três seções: uma principal e duas intermediárias.

A seção principal, com 100 m de comprimento, situa-se entre a interface da botoeira e o iniciador (squib); a intermediária conecta a seção principal à botoeira por meio um cabo com 10 m de comprimento, dotado de conectores tipo Mike LS-3002 que se acoplam à interface. Na outra extremidade, a seção principal conecta-se ao iniciador (squib) por outro cabo intermediário, com 10 m de comprimento. A seção principal, com 100 m de comprimento, está acomodada em um carrinho dotado de um rolo para facilitar o transporte e armazenamento.

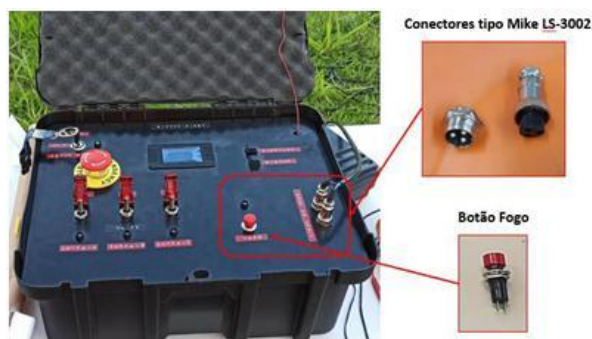


Figura 6. Linha de Fogo e Botão do Iniciador.

4.2.2. Barreiras de Segurança

Foi instalada uma chave geral seletora de segurança, liga / desliga, para acionamento do sistema de alimentação elétrica da maleta. A chave geral está localizada na parte superior, à esquerda do painel de controle, facilitando a visualização e funcionalidade do sistema (Figura 7).

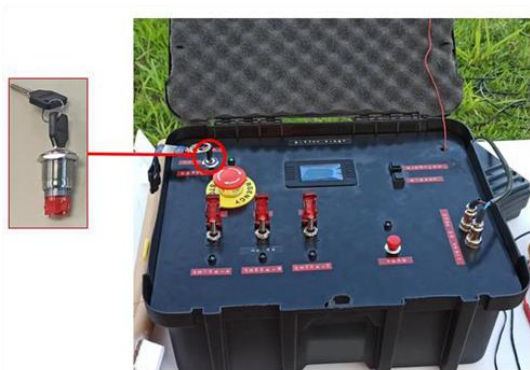


Figura 7. Chave geral de segurança do circuito.

Além da chave geral de acionamento do circuito (Figura 7), o sistema conta com três chaves alavancas de duas posições para armar o sistema (Figura 8). Cada chave contém a sinalização com LED's verde e vermelho, sendo que o primeiro, indica que a chave está carregada e pode ser armada, ou seja, iniciar o checklist, e o segundo serve como indicador de que a verificação foi realizada com sucesso. Dessa forma, cada chave pode ser configurada de modo a atender a um checklist durante a operação, antes de se efetuar o disparo.

Na montagem do circuito, foram usados três módulos relés opto-acoplador de dois canais e tensão de entrada 5 VDC e saída com capacidade para até 250 VAC e 10 A de corrente em seus contatos. Os relés funcionam como chave e, assim, auxiliam na comutação da sinalização e operam em baixo nível, ou seja, podem operar grandes cargas com baixa corrente, garantindo uma segurança maior, uma vez que os circuitos de entrada e saída ficam isolados, evitando curto-circuito ou sobrecorrente. Normalmente, ao se ligar a chave geral, o LED já fica aceso, nas chaves de verificação. Porém, ao manuseá-las, a corrente atravessa os terminais do relé e, assim, o LED verde apaga e o vermelho acende.

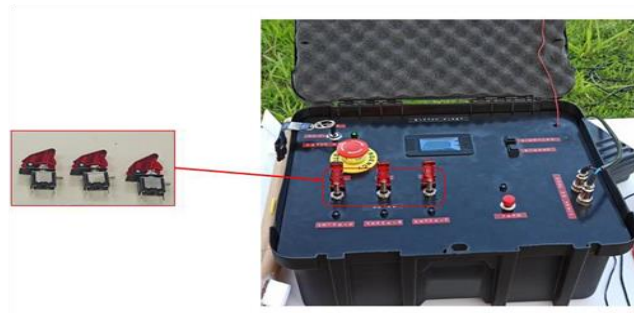


Figura 8. Chave alavancas para checklist.

Há também um botão de emergência, tipo soco (Figura 9), o qual desabilita todo o sistema ao se pressionar o botão vermelho, em casos de condições de perigo iminente ou emergência de fato. Em condições normais, basta inverter o sentido do botão, conforme as setas indicativas para cancelar a condição de risco.



Figura 9. Chave de Emergência tipo soco.

A sirene e o giroflex foram acomodados no interior da maleta Plataforma de Controle de Disparo (PCD) e são acionadas por meio de botões na Interface Botoeira (Figura 10) em distâncias de mais de 150 m em campo aberto.



Figura 10. Interface Botoeira e a Maleta contendo sirene e o giroflex e a eletrônica.



Figura 11. Módulo relé e o circuito dedicado ao acionamento remoto da sirene e giroflex.



Figura 12. Módulo Display Multifunções.

Para acionamento da sirene e do giroflex foi desenvolvido com módulos receptor e transceptores NRF24L01 para Arduino, que operam na frequência de 2,4 GHz. Ao se pressionar o botão, um sinal é enviado ao Arduino, que processa os dados, conforme adequada programação associada ao circuito eletrônico, e envia um sinal ao transmissor. O sinal enviado chega ao receptor, localizado em outra maleta, onde se encontram instalados os sistemas sonoro e visual. Assim, o sinal é processado por outro Arduino, que envia a informação às portas de entrada do módulo relé, onde cada canal é responsável por uma saída, sendo respectivamente o giroflex e a sirene (Figura 11).

Finalmente, um display foi instalado, com uma resistência interna, proporcionando diversas informações para análise de disparo, em tempo real, como: a tensão da bateria e corrente consumida pela maleta. A cada disparo, o display informa a autonomia da bateria e a carga restante, dados essenciais para que o próximo disparo seja efetuado sem falhas.

Adicionalmente, possui parâmetros de medição de 0 a 200 V e corrente de 0 a 10 A. O display possui, ainda, um botão na parte frontal, utilizado para configurações e ajustes (Figura 12).

5. TESTES FINAIS DO SISTEMA DE CONTROLE DE DISPARO

Após a montagem do produto final, iniciou-se uma série de testes e avaliações da parte elétrica para identificação de falhas. Identificou-se que o LED vermelho da chave alavanca permanecia aceso em conjunto com o LED verde ao ligar a

maleta. Então, foi invertida a ligação da chave, na tentativa de buscar um possível mau contato ou erro de ligação. O problema foi sanado após uma rápida pesquisa na datasheet de alguns componentes, sendo identificado o transistor NPNC945 (P331), que possibilitou a divisão de tensão sobre a chave, resolvendo o problema em questão. Alguns testes simulados, realizados em local fechado, e testes reais, realizados em campo aberto permitiram identificar alguns pontos a melhorar, como a interferência no sistema de comunicação remota da sirene e giroflex ao se pressionar o botão com trava (ou selo) do giroflex, e no botão da sirene. Foi proposta a utilização de um circuito comercial do acionador remoto “Gerbs”, com alto custo-benefício. Porém, foram refeitos os pontos de solda e troca de ambos os botões por outros mais resistentes, solucionando o contratempo.

6. CONCLUSÃO

Desenvolvido de acordo com a proposta inicial, o Sistema de Controle de Disparo, composto por baterias, interface botoeira, linha de fogo e iniciador resultou em um dispositivo para aumentar a segurança nas operações de lançamento de foguetes acadêmicos.

A Plataforma de Controle de Disparo, composta por uma maleta plástica retangular média, contendo no interior barreiras físicas contra disparo acidental mostrou-se adequada aos objetivos propostos.

O protótipo da Plataforma de Controle de Disparo foi utilizado, em junho de 2022, no VII Festival Brasileiro de Minifoguetes, realizado na UNIVAP, operando por oitos

horas ininterruptas sem falhas durante os lançamentos de 21 foguetes.

No produto final da Plataforma de Controle de Disparo foram instaladas diversas chaves, otimizando a operação de lançamento de foguetes acadêmicos: i) chave geral seletora de segurança para acionamento da operação; ii) três chaves de duas posições para armar / desarmar o sistema, contendo sinalização com LED's verde, indicando que o checklist pode ser iniciado, e vermelho, indicando que a verificação foi concluída com sucesso; iii) um botão de emergência tipo soco, possibilitando desabilitar todo o sistema, em casos de condições de perigo iminente ou emergência de fato; iv) uma sirene (sinal sonoro) e um giroflex (sinal visual) para garantir que pessoas no interior da Área de Operações tenham ciência dos procedimentos em vigor; v) um display de informações em tempo real sobre: Tensão da bateria, corrente consumida pela maleta, autonomia da bateria e carga restante, disponível para o próximo disparo possa ser efetuado sem falhas.

Finalmente, avaliando os resultados obtidos após os testes do produto final e contrastando-os com os requisitos estabelecidos, verificou-se que o projeto atendeu às expectativas, os requisitos foram alcançados, inclusive com o pré-protótipo atuando em uma competição de minifoguetes e atendendo os procedimentos e treinamentos.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001. O presente trabalho foi realizado com apoio do Programa de Cooperação Acadêmica em Defesa Nacional (PROCAD-DEFESA) processo nº 88881.387753/2019-01 (Projeto Desenvolvimentos Nacionais em Propulsão Hipersônica Aspirada com foco no Acesso ao Espaço e Defesa); e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, do Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – FNDCT; e do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações – MCTI processo nº 405558/2022-8 (Projeto Aero-Termo-Estrutural de um Demonstrador da Combustão Supersônica). Ainda, os autores agradecem à Universidade do Vale do Paraíba (UNIVAP) pela infraestrutura disponibilizada do Laboratório de Jato Propulsão (LJP) e pelo apoio para a realização do desenvolvimento da Plataforma de Controle de Disparo e a validação no VII Festival Brasileiro de Minifoguetes. Finalmente, os autores agradecem à Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) e ao Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) pela pelo apoio para a realização das discussões e possível aplicação na pesquisa em propulsão hipersônica aspirada.

REFERÊNCIAS

[1] AGÊNCIA ESPACIAL BRASILEIRA. AEB, 2022. Disponível em:

<https://www.gov.br/aeb/pt-br/>

[2] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MINIFOGUETES. BAR. Disponível em:

<https://abmf.bar.org.br/documentos/normas-tecnicas>

[3] ISO. Norma ISO 45.001 O que é ISO 45001? Disponível em:

<https://certificacaoiso.com.br/iso-45001/>

[4] MINISTÉRIO DA DEFESA DO BRASIL. Glossário das Forças Armadas - MD35-G-01. pg. 67, 120 e 256. Disponível em:

<https://www.gov.br/defesa/pt-br/arquivos/legislacao/emcfa/publicacoes/doutrina/md35-G-01-glossario-das-forcas-armadas-5-ed-2015-com-alteracoes.pdf>

[5] GUSTAVO CIRELLI, M. V. Plano de Execução do VII Festival Brasileiro de Minifoguetes. BAR. São José dos Campos. 2022.

[6] PALMERIO, A. F. Introdução à Tecnologia de Foguetes. 2. ed. São José dos Campos: SindCT, 2017. pg. 156

[7] MINIFOGUETES E FOGUETEMODELISMO. BAR. Disponível em:

<https://abmf.bar.org.br/minifoguetes>

[8] NORMA BAR-2/2020: NOMENCLATURA BÁSICA DE FOGUETEMODELISMO. Disponível em:

<https://bar.org.br/SistemaBAR/Publicados/Biblioteca-da-BAR/Normas-BAR/Norma%20BAR-2-2020%20-%20Nomenclatura%20B%c3%a1sica%20de%20Foguetemodelismo.pdf> pg.2 e 5

[9] VACONCELOS, Y. Foguetes Suborbitais. FAPESP. [S.l.], p. 6.

[10] GDAE - GRUPO DE DESENVOLVIMENTO AEROESPACIAL DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ. Uma visão do foguetemodelismo no Brasil. Disponível em:

<https://brazilianspace.blogspot.com/2020/08/uma-visao-do-foguetemodelismo-no-brasil.html#gsc.tab=0>

[11] MOTTA, A. G. Segurança no Manuseio de Foguete. INPE. São José dos Campos, p. 127. 2004.



Some physicochemical properties of tennesine

Robson Fernandes de Farias

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Cx. Postal 1524, 59078-970 Natal-RN, Brasil robdefarias@yahoo.com.br

Abstract. By using empirical equations, several physicochemical properties to Tennesine (Ts) are estimated. Compared with available data from literature, the estimated data are reliable. The Ts-Ts bond energy and the Ts⁻ ionic radii are also estimated.

Keywords: Tennesine; Electronegativity; Physical properties

INTRODUCTION

As previously highlighted [1] to super-heavy elements, despite the theoretical/computational efforts/improvements, depending on the chosen theoretical approach, the estimated values for a series of parameters (atomic radius, polarizability, *etc.*) can vary in a wide range. Because of the absence of experimental data for the majority of so-called super-heavy elements, extrapolations and empirical equations can be a successful approach to estimate a series of properties for such elements. Hence, and ironically, the “primitive” approach used since the times of Mendeleev can be employed to decide what theoretical approach is or is not reliable.

In a previous work [2] was shown that empirical equations can be very successful, providing results in very good agreement with those obtained by sophisticated quantum relativistic calculations. By this way, I have estimated two

properties do Tennesine ($Z = 117$): covalent radius and polarizability [2].

In the present work, new physicochemical properties to Tennesine are estimated.

METHODOLOGY, RESULTS AND DISCUSSION

As is well known, there is a close relationship between the dipole moment of a given chemical bond and the difference in electronegativity between the atoms involved: the greater the difference in electronegativity, the greater the dipole moment of the bond. Thus, the electronegativity (Pauling scale) for Tennesine was estimated as follows: the electronegativity for F, C, Br, I and At were plotted as a function of the dipole moment of the H-X bond in the respective hydrides (X= F, Cl, Br, I or At) [2].

An empirical equation ($r= 0.991$) was then obtained:

$$\chi = 1.084 \mu + 1.940 \quad (1)$$

where μ is the dipole moment (Debye) of the H-X bond.

Then, using the Ts-H dipole moment: 0.24 [2], a value of 2.20 can be calculated to the electronegativity of Tennessine.

However, as previously highlighted [2] the electronegativity for Ts is expected to be lower than that for At (2.2) and H (2.2). Furthermore, the effects of relativistic contraction must be larger for Ts than for At.

Since to Tennessine $Z = 117$, the Lorentz Factor (γ) is equal to 1.922. Hence, we can estimate a Pauling electronegativity of $2.20/1.922 = 1.145$ to Tennessine.

In order to have a second approach, for comparison, the Pauling electronegativity to Tennessine was also calculated as follows: the X-X (X= Cl, Br, I and At) bond dissociation energies were plotted as a function of the atomic number (Z), and an empirical equation ($r = 0.981$) was obtained:

$$D(X-X) = -2.762 Z + 465.981 \quad (2)$$

By using Eq. (2), a Ts-Ts bond dissociation energy of $142.83 \text{ kJmol}^{-1}$ was calculated. By using this value, and bond dissociation energies of 436 kJmol^{-1} and $163.03 \text{ kJmol}^{-1}$ [2] to H_2 and Ts-H bonds respectively, in the well-known equation [3] (in our case, A and B are Ts and H, of course):

$$\Delta\chi = \chi_A - \chi_B = 0.102 (\Delta)^{1/2} \quad (3)$$

and an electronegativity value of 2.2 to hydrogen, the Pauling electronegativity to Tennessine was calculated as 1.053, in very good agreement with the value calculated by using Eq. (1) and taking into account the paramount relativistic contribution to Ts.

The Mulliken electronegativity can be calculated by Pauling values employing the equation [4]:

$$\chi_M = \alpha \chi_P \quad (4)$$

where α is the proportionality constant as is approximately given by 2.47 eV.

Using Eq. (4), the Mulliken electronegativity to Tennessine can be calculated as 2.83.

Since Mulliken electronegativity is defined as [4]

$$\chi_M = (IP + EA)/2 \quad (5)$$

where IP is the ionization potential and EA is the electron affinity, to Tennessine, $IP + EA = 5.66$.

The ionization energy to Tennessine was calculated as 6.79 eV [5]. Hence, the electron affinity can be estimated as -1.13 eV. Since in Eq.(5) the "modulus" of EA and IP values are considered (positive values), a negative value to EA makes no sense from a mathematical point of view (not to

be confused with the physical fact that energy is released when an electron is added to the valence shell of an element from group 17, that is, we have an exothermic process, negative sign, therefore)

However, Pritchard [6] proposed:

$$\chi_M = 3.15 \chi_P \quad (6)$$

As a relation between Mulliken and Pauling electronegativity scales. By using Eq. (6), $\chi_M = 3.61$, $(IP + EA) = 7.22$ and $EA = 0.43$ to Tennessine. I think this last value is more reliable.

The so-called absolute hardness is calculated as:

$$\eta = (IP - EA)/2 \quad (7)$$

hence, to Ts, $\eta = (6.79 - 0.43)/2 = 3.18$.

The ionic radii to Ts^- (265.85) pm was estimated as follows: the ionic radius (to coordination number 6) to F^- , Cl^- , Br^- and I^- , respectively 133, 181, 196 and 220 pm [7] were plotted (Fig. 1) as a function of the H-X (X= F, C, Br or I) bond distance in the respective hydrides: 91.69, 127.46, 141.45 and 160.90 pm [2].

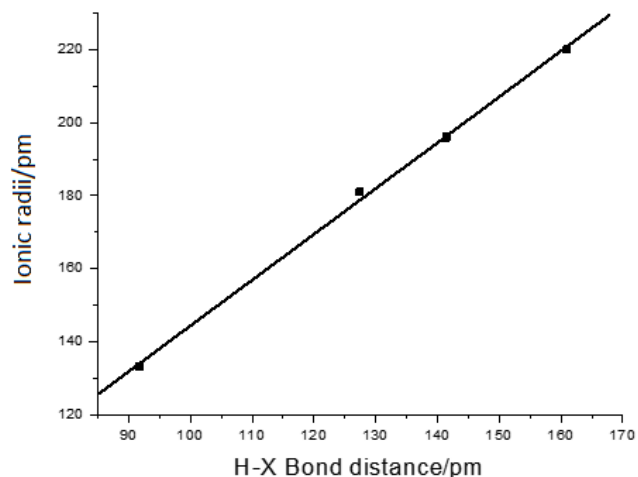


Fig.1. Ionic radii of F^- , Cl^- , Br^- and I^- , as a function of the H-X bond distance (X= F, C, Br or I).

An empirical equation ($r = 0.999$) was obtained:

$$r = 1.256 d + 18.810 \quad (8)$$

where d is the H-X bond distance. Hence, applying to this equation the H-Ts bond distance: 196.76 pm [2], the ionic radii to Ts^- was calculated.

The Allen electronegativity to Ts was estimated as follows: the electronegativity values to Cl, Br and I (fluorine was excluded because, as is almost always the case, it exhibits,

in relation to the so-called periodic properties, an anomalous behavior in relation to the others in the group), respectively 2.869, 2.685 and 2.359 [8] were plotted as a function of Z, and an empirical equation ($r=0.986$) was obtained:

$$\chi_A = -0.014 Z + 3.136 \quad (9)$$

By using this equation, χ_A to At and Ts, can be calculated as 1.946 and 1.498, respectively. However, to At and Ts the relativistic contributions must necessarily be taken into account. Multiplying each previously χ_A values by the Lorentz factor, $\gamma=1.275$ (At) and 1.922 (Ts), we have: $\chi_A=2.48$ (At) and $\chi_A=2.88$ (Ts), in very good agreement with the first principles calculations of Karol [9]: 2.50 (At) and 2.81 (Ts).

In Table 1 we have a summary of the calculated properties to Tennessine in the present work.

Table 1. Physicochemical properties calculated (estimated) to Tennessine

Pauling electronegativity	1.15
Allen electronegativity	2.88
Mulliken electronegativity	3.61
Absolute hardness/eV	3.18
Electron affinity/eV	0.43
Ts-Ts bond energy/kJmol ⁻¹	142.83
Ts ⁻ ionic radii/pm	265.85

REFERENCES

- [1] R.F. de Farias, The first and second ionization energies of the element 119: absolute hardness and Mulliken electronegativity for the cation 119⁺ based on an empirical equation involving absolute hardness, *Mendeleev Commun.*, 28 (2018) 306-307. <https://doi.org/10.1016/j.mencom.2018.05.026>.
- [2] R.F. de Farias, Estimation of some physical properties for tennessine and tennessine hydride (TsH), *Chem. Phys. Letters*, 667 (2017) 1-3, <http://dx.doi.org/10.1016/j.cplett.2016.11.023>.
- [3] B.W. Pfennig, Principles of Inorganic Chemistry, Wiley, Hoboken, 2015.
- [4] K. Ohwada, On the Pauling electronegativity scales—II, *Polyhedron*, 3 (7) (1984) 853-859. [https://doi.org/10.1016/S0277-5387\(00\)84634-3](https://doi.org/10.1016/S0277-5387(00)84634-3).
- [5] R.F. de Farias, Estimation of Clementi effective nuclear charges and ionization energies for superheavy elements: explaining the variations for IE along period 7, *J. Atoms and Molecules*, 8(1) (2018) 1155-1159.
- [6] H. O. Pritchard, H. A. Skinner, The Concept Of Electronegativity, *Chem. Rev.* 1955, 55, 4, 745–786, <https://doi.org/10.1021/cr50004a005>.
- [7] R.D. Shannon, Revised effective ionic radii and systematic studies of interatomic distances in halides and chalcogenides, *Acta Crystallographica*. (1976). A32, Pages 751-767. <https://doi.org/10.1107/S0567739476001551>.
- [8] L.C. Allen, Electronegativity is the average one-electron energy of the valence-shell electrons in ground-state free atoms, *J. Am. Chem. Soc.*, 111 (25) (1989) 9003-9014. <https://dx.doi.org/10.1021/ja00207a003>.

- [9] P.J. Karol, Extending electronegativities to superheavy main group atoms, *Chem. Int.*, 42 (3) (2020) 12-15. <https://doi.org/10.1515/ci-2020-0305>.



EDUCAÇÃO COMO FERRAMENTA DE INCLUSÃO SOCIAL PARA MULHERES INDÍGENAS DAS TERRAS DE AKAJUTIBIRÓ: UM OLHAR DO ORIENTADOR PEDAGÓGICO

Rodrigo Luiz Targino Dutra¹, Diógenes Fernandes dos Santos², Josivando Félix da Silva³

¹ Gestor Educacional – Instituto Educacional Paraibano Targino e Dutra – Brasil - rodrigo06luiz@gmail.com

² Graduando em Pedagogia – Faculdade Única – Brasil - diogenes.fernandes.santos@gmail.com

³ Professor de Geografia – Rio Tinto/PB – Brasil - rtvando@gmail.com

Abstract

Education is a right for all and a duty of the state, guaranteed by the 1988 Brazilian Constitution and reinforced by the National Education Guidelines and Bases Law (LDB 9394/96). In this sense, education is the basis of democracy and one of the fundamental pillars for overcoming social inequalities and developing the country. This reference to the educational process is also extremely important for liberating groups in situations of vulnerability, violence or living on the margins of the social inclusion process. With this in mind, the aim of this article was to investigate the social conditions of Potiguaras women enrolled in the PARAÍBATEC - MULHERES MIL program and to assess how education can contribute as a factor of inclusion, through the observation of an educational advisor in the project. The research is observational, descriptive, analytical and reflective of a prospective cohort, based on a sample population of 50 indigenous women. It was observed that the majority of the women in the community who took part in the project were economically vulnerable, as well as being predominantly women with low levels of education, as well as those who had experienced domestic and sexual violence and acquired illnesses. In view of this, this work proved to be important, as it presents the reality of some women and how beneficial educational guidance can be in an environment of social vulnerability, since the professional can be fundamental in supporting and welcoming the community

Keywords: Public policies, educational guidance, Potiguaras, training, indigenous people.

1. INTRODUÇÃO

O direito a educação está previsto e instaurado na Constituição Brasileira de 1988, listando-se como direito social fundamental de todo e qualquer brasileiro e brasileira. A educação é ferramenta indispensável no processo de

construção social. É por meio dela que se obtém o conhecimento dos nossos direitos e deveres e tão somente por ela é possível a formação de cidadãos capazes de alcançar objetivos maiores na sociedade.

Apesar de estar consolidado na Constituição Brasileira que a educação é um direito de todos, para que esse direito possa ser assegurado verdadeiramente se faz necessário a busca pelo real cumprimento do que está disposto em seu escopo e em específico no artigo 5º “Todos são iguais perante a lei, sem distinção de qualquer natureza (...)” [1].

Buscar o cumprimento desse direito disposto na constituição é uma questão de justiça social, uma busca igualitária da garantia dos direitos fundamentais para a formação humana, entendendo que a educação é a engrenagem para o pleno desenvolvimento de mudanças sociais. Uma vez que, contribui para melhorar o índice de desenvolvimento humano – IDH e conseqüentemente ajuda na elevação da renda per capita, levando assim a um aumento na expectativa de vida.

Dentro do TODOS descrito na constituição está incluso as pessoas com deficiência, povos originários, e tantos outros, a saber que vivemos em uma sociedade pluralista, e que dentro dessa pluralidade está abarcado desde as diferenças sociais às diferenças físicas, de origem, psíquicas e etc. Portanto, o estado enquanto cumpridor dos decretos disposto na lei, deve ofertar o ensino público, gratuito e acessível a todos aqueles que deste venham a precisar.

Sendo assim, o processo educacional é e deve ser multifacetado, tendo em vista que o Brasil é um País de proporções continentais e que abarcam diferentes grupos sociais, culturais e questões regionais, sendo assim o público do serviço educacional o mais heterogêneo possível, com igualdades e diferenças que consistem em condições pedagógicas distintas no processo de aprendizagem.

A partir do supracitado, entende-se que o Brasil é uma nação constituída por grande variedade de grupos étnicos, com histórias, saberes, culturas e, na maioria das situações, com línguas próprias. Não é, portanto, diferente com a etnia Potiguara. O termo Potiguaras significa comedores de camarão, aqueles que habitam as terras de Akajutibiró (caju azedo ou bravo). Esse termo tem também suas raízes históricas na família linguística do Tupi. Segundo Marques (2009), o povo indígena Potiguara é um dos mais antigos povos pré-cabralianos a serem registrados nas crônicas oficiais das grandes navegações. No ano de 1501, a La Lettera, de Américo Vespúcio, batiza a Baía de Akajutibiró com o topônimo de Baía da Traição [2].

Na Paraíba, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), no ano de 2022, a população Potiguara esta aproximadamente por volta de 30 mil indivíduos, localizados no litoral norte, no Vale do Mamanguape. Segundo a Fundação Nacional do Índio (FUNAI), o território Potiguara ocupa atualmente um espaço de 33.757 hectares (ha), distribuídos em três áreas contíguas nos municípios paraibanos de Rio Tinto, Marcação e Baía da Traição, em 32 aldeias. A primeira, a Terra Indígena (TI) Potiguara, demarcada em 1983 e homologada em 1991, está situada nos três municípios e possui 21.238 ha. A segunda é a TI Jacaré de São Domingos, homologada em 1993, tem 5.032 ha e está localizada no município de Marcação. A terceira TI Potiguara de Monte-Mór está localizada nos municípios de Marcação e Rio Tinto e tem uma área de 7.487 ha [3,4].

Vale destacar que, os povos indígenas da Paraíba buscam manter sua cultura e tradição viva em meio a condições adversas, em busca da manutenção e dos direitos conquistados que ocasionalmente são questionados [5]. Além disso, os potiguaras vivenciam a constante luta para que a educação implementada respeite as particularidades de cada comunidade do seu povo [6].

Ainda, esta população se mostra, com base nos últimos censos, em crescimento [7], porém a cultura potiguara deve acompanhar o desenvolvimento populacional, tendo assim um olhar especial quanto as questões de manutenção cultural deste povo.

Especificamente, quando se trata das mulheres indígenas potiguaras, vale ressaltar que elas exercem funções importantes na sua comunidade, além do seio familiar, exercendo diversas atividades, como: artesanato, costura, pintura, desenho, agricultura, docência e contribuições diversas que beneficiam o seu povo [8].

Portanto, o presente estudo teve como objetivo principal investigar as condições sociais das mulheres potiguaras inscritas no programa PARAÍBATEC – MULHERES MIL e como a educação contribui como um fator de inclusão, por meio da observação do orientador educacional.

2. METODOLOGIA

2.1. Caracterização do Estudo

A presente pesquisa se caracterizou como de campo, de caráter observacional, descritivo, analítico e reflexivo de coorte prospectivo. Onde foi-se selecionado a população Potiguara do vale do Mamanguape, tendo como sede a Fundação Nacional dos Povos Indígenas - FUNAI da Baía da Traição/PB.

2.2. Delineamento Amostral

A presente pesquisa se caracterizou como de campo, de caráter observacional, descritivo, analítico e reflexivo de coorte prospectivo. Onde foi-se selecionado a população Potiguara do vale do Mamanguape, tendo como sede a Fundação Nacional dos Povos Indígenas - FUNAI da Baía da Traição/PB.

2.3. Obtenção dos Dados e Processamento

A obtenção dos dados deu-se por intermédio do cadastro funcional das estudantes nos cursos ofertados pelo PARAÍBATEC – MULHERES MIL junto ao estudo social disponibilizado pelo governo estadual para aferição das condições das usuárias atendidas.

Após obtenção, os dados foram tratados, filtrados e organizados com auxílio do Software Microsoft Office Excel versão 2016.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O programa PARAÍBATEC – MULHERES MIL, contempla na Baía da Traição, dois (02) cursos de capacitação continuada, o de Horticultor Orgânico e o de Agente de Transformação Cooperativista, cada um com 25 alunas

regularmente matriculadas, a partir da aplicação de questionário de matrícula, obteve-se os seguintes resultados de caracterização social da população.

A partir dos dados coletados e processados observou-se que, apesar de todas as mulheres serem alfabetizadas, um número muito pequeno dentro deste contexto teve acesso a formação superior, conforme observado na tabela 1, sendo as formadas as possuidoras da maior faixa salarial, o que evidência o poder que a capacitação tem junto ao mercado de trabalho.

Tabela 1. Fatores sociodemográficos da população de mulheres indígenas participantes do estudo.

INDICADOR	RESULTADO	
Idade	38 anos ± 12,9	
Raça	100 % Indígenas	
Deficiência	2%	
Localidade	100 % zona rural (aldeias)	
	Fundamental Completo:	26,6 %
Escolaridade	Médio Completo:	61,2 %
	Superior Completo:	12,2 %
Trabalho	Empregadas:	20,4 %
	Desempregadas:	79,6 %
Auxílio Governamental	Beneficiadas:	69,4 %
	Não beneficiadas:	30,6 %
Faixa Salarial	< 1 salário mínimo:	53,1 %
	= 1 salário mínimo:	42,9 %
	> 1 salário mínimo:	4 %

* Só foi possível processar informações de 49 membros do grupo observado.

A taxa de desemprego e a taxa de recebimento de auxílio governamental convergem, evidenciando o quão importante é a política pública de distribuição de renda, sendo esta a principal fonte de recursos para sobrevivência destas mulheres, sendo a maior parte delas, agricultoras domésticas de hortaliças, gerando assim uma fonte adicional de renda informal.

Panorama de Relatos

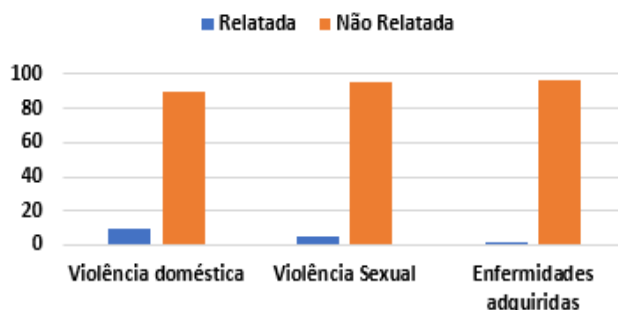


Figura 1. Panorama de recebimento de relatos de violência

O orientador educacional além de articular junto aos docentes também tem o importante papel de acolher, orientar e entender a realidade discente, dentro do projeto pôde-se acolher diversas mulheres vítimas de violências, conforme observado na Figura 1, dentro destes casos, chama a atenção o número de vítimas as quais relataram sua realidade de violência, chamando atenção principalmente para a violência doméstica. Além disso, é observado casos de enfermidades adquiridas.

4. CONCLUSÃO

A partir dos dados coletados e descritos pode-se concluir o quão importante é o papel do orientador pedagógico, ao poder-se inserir dentro da realidade discente, assim como acolher e orientar as melhores ações para incluir, respeitar e assegurar os direitos coletivos, trazendo equidade e respeito para com as diferenças e vivências individuais.

Nesse contexto, vale ressaltar que a implementação da educação com atuação da orientação educacional possibilita um olhar social, sensível e humano que respeita o indivíduo. De modo que, a presença do profissional pode garantir um estreitamento das relações entre o estado e a comunidade local, aprimorando e direcionando a população para buscar estratégias que estejam alinhadas aos direitos fundamentais da sociedade.

Sendo assim é de suma importância um olhar governamental para esta população tão vulnerável, assim como um redirecionamento de ações de combate a violência feminina e uma maior disponibilização de atividades educativas e formativas que visem melhoria das condições de vida e aumento de renda das mulheres potiguaras.

REFERÊNCIAS

- [1] BRASIL. (1988) Constituição da República Federativa do Brasil Presidência da República. Casa Civil. Brasília. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm
- [2] Moonen, F. Maia, L. M. (Orgs.). (2008[1992]) Etnohistória dos índios Potiguaras João Pessoa: Procuradoria da República na Paraíba/Secretaria da Educação e Cultura do Estado da Paraíba. Recife, 2008. Disponível em: http://www.dhnet.org.br/direitos/militantes/lucianomaia/moonen_1500_198_3_indios_potiguaras.pdf

[3] BRASIL. Terras indígenas: o que é?. FUNAI. Ministério da Justiça. Brasília. S/d. Disponível em: <http://www.funai.gov.br/index.php/2014-02-07-13-24-32>

[4] Cardoso, T.M. Guimarães, G.C.. (Orgs.). Etnomapeamento dos Potiguara da Paraíba. Brasília: FUNAI/CGMT/CGETNO/CGGAM, 2012. 107p. Disponível em: http://cggamgati.funai.gov.br/files/5314/0735/8761/Etnomapeamento_dos_Potiguara_da_Paraiba.pdf

[5] Caldas, P. (Brasil). Povos indígenas da PB lutam pela sobrevivência de suas tradições em meio a ataques a direitos. 2022. Disponível em: <https://g1.globo.com/pb/paraiba/noticia/2022/04/19/povos-indigenas-da-pb-lutam-pela-sobrevivencia-de-suas-tradicoes-em-meio-a-ataques-a-direitos.ghtml>

[6] Souza, A. L. L. Barbosa, L. M. (2024). O DIREITO À EDUCAÇÃO ESCOLAR INDÍGENA NA PARAÍBA: UMA ANÁLISE DA

LEGISLAÇÃO VIGENTE E DA LUTA DO POVO POTIGUARAS. Porto Das Letras, 9(4), Artigo 13, p. 1–16. Disponível em: <https://sistemas.uft.edu.br/periodicos/index.php/portodasletras/article/view/19292>

[7] Meireles, L. População indígena cresce 20,35%: censo 2022 do IBGE revela que em 166 dos 223 da Paraíba, pelo menos um morador se declarou indígena. Censo 2022 do IBGE revela que em 166 dos 223 da Paraíba, pelo menos um morador se declarou indígena. 2023. Disponível em: https://auniao.pb.gov.br/noticias/caderno_paraiba/populacao-indigena-cresce-20-35.

[8] Gomes, I. C. Gomes, P. C. Gomes, I. C. Mulher Indígena Potiguara: Um estudo sobre os papéis exercidos e suas contribuições enquanto agente dentro das aldeias, academia e fora desses. Brazilian Journal Of Development. Curitiba, p. 4611-4623. jan. 2021. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/23050>



EDUCAÇÃO: UMA PERSPECTIVA DE PROFESSORES ACERCA DO AMBIENTE DE TRABALHO

Diógenes Fernandes dos Santos¹, Jayane Karine Pereira de Araújo², Rodrigo Luiz Targino Dutra³, Josivando Félix da Silva⁴

¹ *Graduando em Pedagogia – Faculdade Única – Brasil - diogenes.fernandes.santos@gmail.com*

² *Professora de Ciências Biológicas – Brasil – jayanekarine4@hotmail.com*

³ *Gestor Educacional – Instituto Educacional Paraibano Targino e Dutra – Brasil - rodrigo06luiz@gmail.com*

⁴ *Professor de Geografia – Rio Tinto/PB – Brasil - rtvando@gmail.com*

Resumo

A constituição e legislação brasileira indicam que a educação é fundamental para a nossa sociedade. O professor, parte importante deste processo educacional, convive com dificuldades diárias e busca incessantemente concluir os desafios impostos em ambientes educacionais que requerem melhores condições. As relações existentes no ambiente escolar; professor-gestor, professor-professor e professor-aluno podem resultar em situações desgastantes do ambiente e afetar a qualidade da educação ofertada. Nesse sentido, o objetivo desse trabalho foi investigar as condições do trabalho dos professores da rede básica de ensino regular de uma cidade do interior paraibano, bem como se as relações vivenciadas podem afetar o desenvolvimento e saúde dos colaboradores. A presente pesquisa apresenta-se como de campo, de caráter descritivo e analítico, para tanto contou com a participação de 21 docentes alocados na instituição de ensino. Como resultados principais, verificou-se que os alunos interferem no desenvolvimento das atividades do professor, de modo que as atitudes dos alunos podem resultar em situações desgastantes para o professor, afetando até mesmo o nível de estresse dos profissionais. Além disso, as relações existentes e os recursos ofertados para os professores podem interferir também no desenvolvimento das atividades, uma vez que, foi apontado que a melhoria nas questões de infraestrutura, melhores condições de participação escolar, valorização e reconhecimento, dentre outras podem melhorar a saúde mental no ambiente escolar desses profissionais.

Palavras-chave: Docentes, Atividades laborais, Escola, Condições de trabalho, Estresse, Saúde mental

Abstract

The Brazilian Constitution and legislation indicate that education is fundamental to our society. Teachers, an important part of this educational process, face daily difficulties and constantly seek to overcome the challenges imposed by educational environments that require better conditions. The relationships that exist in the school environment: teacher-manager, teacher-teacher and teacher-student can result in stressful situations in the environment and affect the quality of the education offered. In this sense, the objective of this study was to investigate the working conditions of teachers in the basic education network of a city in the interior of Paraíba, as well as whether the relationships experienced can affect the development and health of employees. This research is presented as a field study, of a descriptive and analytical nature, and for this purpose it had the participation of 21 teachers allocated to the educational institution. As main results, it was found that students interfere in the development of the teacher's activities, so that the students' attitudes can result in stressful situations for the teacher, even affecting the professionals' stress level. Furthermore, existing relationships and resources offered to teachers can also interfere in the development of activities, since it was pointed out that improvements in infrastructure issues, better conditions for school participation, appreciation and recognition, among others, can improve the mental health in the school environment of these professionals.

Keywords: Teachers, Work activities, School, Working conditions, Stress, Mental health

1. INTRODUÇÃO

A constituição federal e a legislação infraconstitucional brasileira, como a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDBEN), enfatizam a importância que deve ter a educação no Brasil [1, 2].

A educação básica brasileira é imersa em desafios a nível nacional, regional e municipal. Em um país continental cada uma das unidades convive com suas dificuldades e observações acerca das políticas públicas que envolvem a escolarização. Sendo assim, o professor da educação básica, recurso humano fundamental no processo de ensino-aprendizagem, enfrenta desafios diários diversos e convive com a busca incessante de estratégias para propiciar os conhecimentos para os alunos dentro e fora da sala de aula.

Vale destacar que, os profissionais necessitam de condições adequadas para exercerem de forma mais apropriada a sua atividade laboral. Diversos fatores podem interferir diretamente no processo de ensino, em alguns casos, inclusive, impactando diretamente a vida pessoal do professor. Esses impactos, em muitos casos, causam desgaste na saúde física e mental, dificultando o trabalho docente.

Segundo GASPARINE, 2005. Os professores são mais susceptíveis a sofrer em maior quantidade de determinados transtornos psíquicos em comparação com profissionais de grupos diversos [3].

Além disso, a infraestrutura de algumas escolas não tem qualidade adequada, pois não há cuidado na execução para expansão. Os ambientes educacionais, em alguns casos, estão em condições desfavoráveis, faltando materiais de uso diário e ausentes de recursos que propiciem melhor qualidade no trabalho docente [4]. A estrutura física das escolas é relevante para o bom andamento do processo educacional, uma vez que, permite as interações e práticas educacionais daqueles que estão inseridos no ambiente escolar [5]. Assim, as condições físicas impactam na execução da atividade exercida pelo professor e consequentemente afeta a qualidade do ensino proporcionado ao alunado.

O apoio dos colegas de profissão, professores, é importante na evolução do bom trabalho docente, pois o apoio deles pode minorar dificuldades do dia a dia do profissional,

permitindo que os desafios relacionados as práticas sejam melhor solucionados, com a colaboração em estudos de aula entre os professores há possibilidade de resultados mais satisfatórios do que em um arranjo individualizado, pois a prática conjunta resulta em um bom desenvolvimento profissional [6]. Favorecendo, portanto, o ambiente, além de torná-lo mais dinâmico e mais colaborativo entre os profissionais.

Ainda, o trabalho docente de forma colaborativa pode ser uma ferramenta importante, pois pode afetar de forma positiva o professor no que diz respeito a redução na dificuldade do trabalho docente. De modo que, os docentes que tem menores obstáculos no trabalho, são os que tem melhor interação com os colegas [7].

O trabalho do professor é desafiador, de modo que, há exigência de que as políticas públicas possam ser direcionadas de formas mais eficazes. Esse tema é pertinente e persistente em estudos na área educacional. A fim de que, as políticas devam ser aplicadas com intuito de garantir melhores salários, quantidade adequada de alunos por sala, segurança no ambiente escolar, como também melhores condições de amparo ao docente, no que diz respeito a saúde mental [8].

Nesse sentido, a educação básica no Brasil, apesar de atualizações constantes nas legislações e normas, demanda um olhar mais sensível quanto as políticas públicas direcionadas aos professores que atuam em muitas ocasiões em ambientes precarizados, com salas de aulas lotadas, com alunos desmotivados e sem apoio adequado dos colegas e superiores.

Além das dificuldades enfrentadas pelo professorado pode-se citar a pandemia do coronavírus SARS-CoV-2 (covid-19) que foi um problema global que afetou significativamente a educação [9]. Vale ressaltar que, intensificou a problemática que envolve a qualidade da educação e tornou ainda mais dificultoso o trabalho dos profissionais de educação.

A saúde do profissional docente, em muitos casos é deixada em segundo plano, pois as escolas e as instituições de educação desenvolvem ações pensando no aluno que é o motivo fundamental da escolarização. Contudo, o recurso

humano, o professor, necessita de atenção para que não sofra com situações de trabalho desgastantes para que assim realizem um trabalho de qualidade com condições básicas para desempenhar a profissão.

Nessa abordagem, a educação não pode ser observada como a simples troca de conhecimento, mas sim, um processo de ensino-aprendizagem que requer condições básicas de estrutura, insumos, valorização, capacitação e demais condições adequadas para alunos, professores e demais colaboradores. Nessa ótica, em especial, a situação do professorado nos ambientes educacionais deve ser melhor observada para melhores tomadas de decisões e aprofundamento das discussões e debates acerca da melhoria do ensino.

Portanto, o presente trabalho teve como objetivo principal investigar as condições do trabalho docente, de um grupo de professores da educação básica em uma escola de ensino fundamental II de uma cidade do litoral norte paraibano, e se as condições de trabalho e relações afetam o desenvolvimento e a saúde do profissional.

2. METODOLOGIA

2.1. Caracterização do Estudo

A presente pesquisa é de campo, possuindo caráter descritivo e analítico, de coorte observacional transversal. Com intuito de avaliar relações multifatoriais.

2.2. Delineamento Amostral

O universo amostral analisado, compreendeu os professores do ensino básico, com enfoque no ensino fundamental II (anos finais-regular) da rede municipal, e contou com a participação de 21 docentes, o que representa 58% dos membros do corpo docente da rede de ensino municipal, alocados nesta etapa de escolarização numa determinada cidade localizada no litoral norte da Paraíba.

2.3. Obtenção dos Dados e Tratamento

A obtenção dos dados deu-se por preenchimento espontâneo de formulário on-line disponibilizado para o público-alvo.

Após obter os dados, esses foram tratados, filtrados e organizados com auxílio do Serviço online Google Forms e Software Microsoft Office Excel.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A rede municipal de ensino fundamental II, modalidade regular, é composta de uma única escola que contém cerca de 600 alunos no seu quadro discente.

A partir dos dados coletados foi possível observar que grande parte dos professores que responderam ao questionário são do gênero feminino (Figura 1).

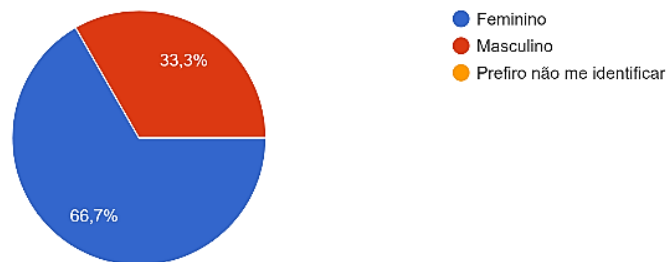


Figura 1. Gênero do grupo participante.

Além disso, 76,2% dos entrevistados atuam no local de trabalho há mais de 10 anos (Figura 2). O que representa um quantitativo significativo. Esse quantitativo permite admitir uma robustez quanto a evolução histórica do ambiente e das relações de convivência/trabalho que vivenciam.

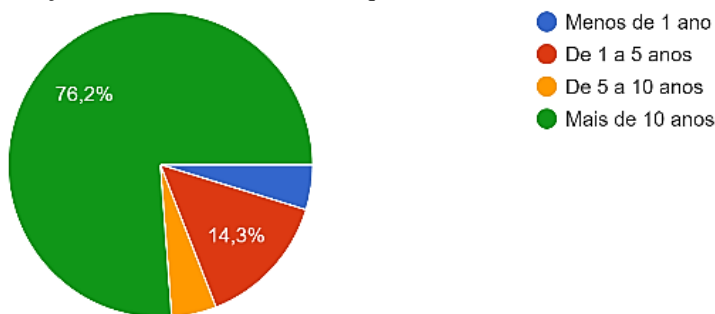


Figura 2. Tempo de experiência no local de trabalho.

O corpo docente ao ser questionado acerca de como classificaria o ambiente físico do seu local de trabalho trouxe uma heterogeneidade na resposta. Apresentaram respostas intermediárias em detrimento do extremo. Sendo caracterizado o ambiente físico para grande parte, como ruim, regular ou bom em 23,8%; 28,6% e 28,6% do total de respostas, respectivamente (Figura 3).

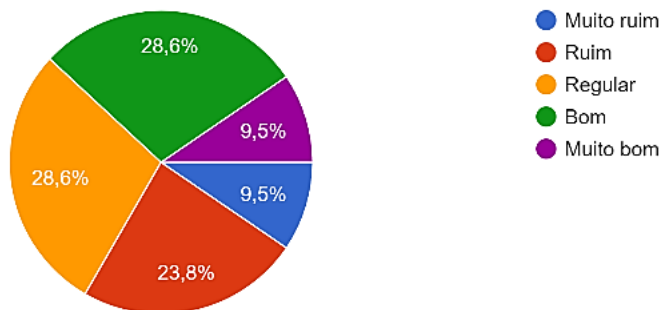


Figura 3. Classificação do ambiente físico do seu local de trabalho.

Quando questionados como classificariam o ambiente emocional do seu local de trabalho, os profissionais na maioria dos apontamentos indicaram como “bom” (38,1%). Vale ressaltar que, quando somados “muito ruim” ou “ruim” neste quesito, somente, 4 pessoas, ou seja, 19,1% dos entrevistados o apontam dessa maneira (Figura 4).

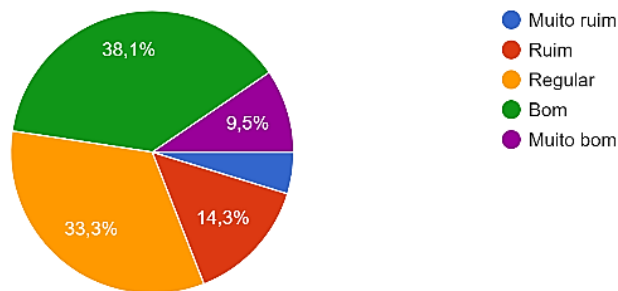


Figura 4. Classificação do ambiente emocional do seu local de trabalho.

Quanto ao sentimento de apoio dos colegas de trabalho é predominantemente observado pelos professores um apoio satisfatório entre os professores. O apoio satisfatório corresponde a 71,4% das respostas. Ainda, não é observado nenhuma resposta indicando que não há nenhum apoio entre os colegas de trabalho (Figura 5).

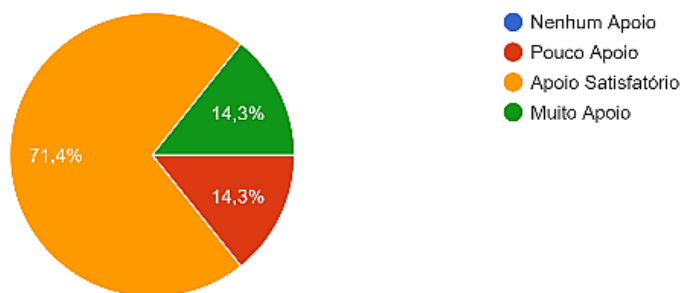


Figura 5. Sentimento de apoio adequado de seus colegas de trabalho - no mesmo nível hierárquico.

Os professores apontaram, também, que no ambiente de trabalho sentem-se apoiados pelos superiores, com 52,2% das respostas como sendo apoio satisfatório. Contudo, diferentemente do relacionamento de apoio entre os colegas, no mesmo nível hierárquico, houve uma incidência maior de apontamentos de pouco apoio (28,6%) ou nenhum apoio (9,5%) entre o professor e os superiores hierárquicos (Figura 6).

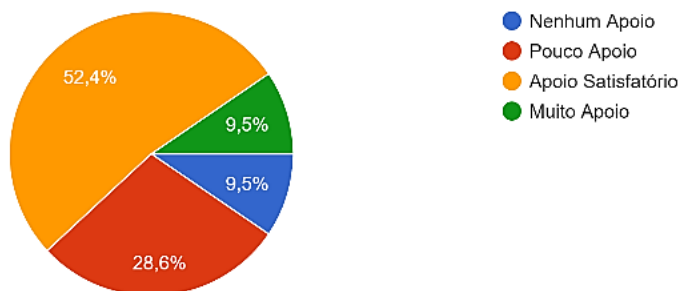


Figura 6. Sentimento de apoio adequado de seus superiores.

Destaca-se, portanto, que a situação deste ambiente de trabalho relacionado ao apoio entre os profissionais, tanto entre colegas do mesmo nível hierárquico e superiores é majoritariamente de apoio satisfatório, o que é desejável para o andamento das atividades e convivência na instituição.

Os professores entrevistados afirmaram em maior quantidade que a carga de trabalho é boa, um percentual que corresponde a 66,7% dos entrevistados (Figura 7).

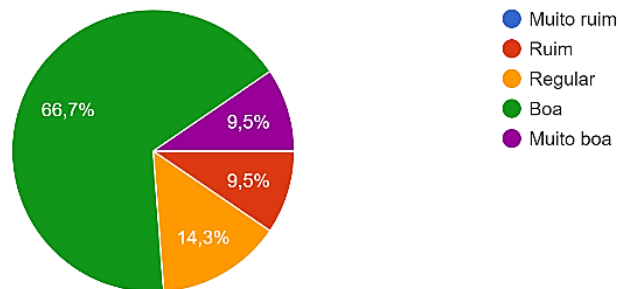


Figura 7. Classificação acerca da carga de trabalho.

Pode-se destacar que não há relato acerca de carga de trabalho muito ruim e apenas 2 entrevistados (9,5%) informaram que a carga de trabalho é ruim.

Doze professores entrevistados (57,1%) quando questionados se consegue equilibrar bem seu trabalho e vida pessoal, informou que sim. Outros 9 professores (42,9%) disseram que não consegue equilibrar bem seu trabalho e a vida pessoal (Figura 8).

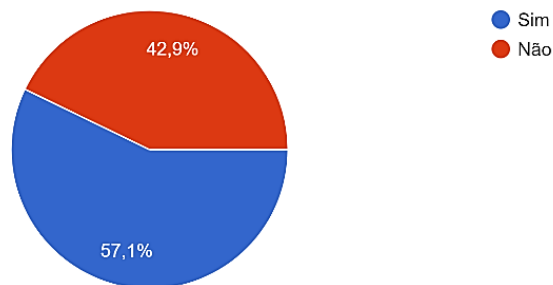


Figura 8. Bom equilíbrio entre trabalho e vida pessoal.

Ao serem questionados com que frequência os professores sentem-se estressados no ambiente de trabalho, apenas 1 professor (4,8%) indicou que nunca se sente estressado no ambiente de trabalho, entre os 21 entrevistados (Figura 9).

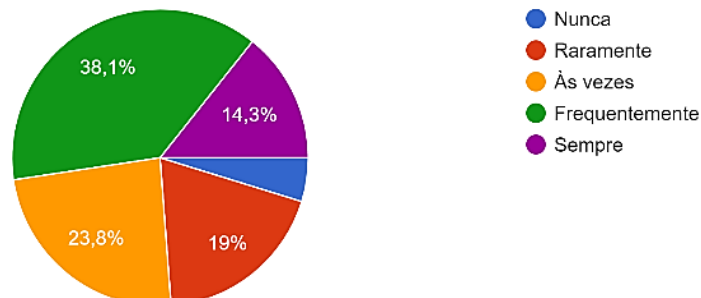


Figura 9. Frequência de estresse no trabalho.

Quando questionados se o comportamento dos alunos contribui para o nível de estresse, os entrevistados em sua maioria responderam que sim, com 90,5% das afirmações, ou seja, 19 professores relataram que o comportamento do alunado contribui para o estresse dos profissionais (Figura 10).

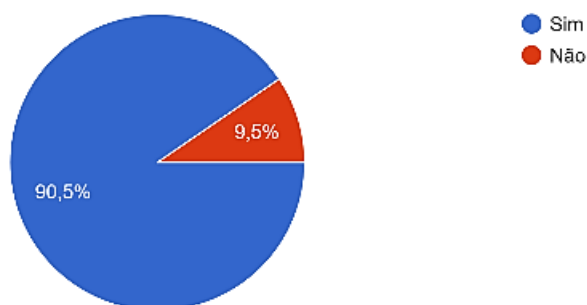


Figura 10. O comportamento dos alunos contribui para o nível de estresse.

Entre os 19 professores que apontaram que o comportamento dos alunos contribui para o nível de estresse, eles apontaram em sua maioria que a falta de interesse e engajamento é o fator que mais os estressa com 18 apontamentos (94,7%). Casos de indisciplina, desrespeito, conflitos e bullying, demandas excessivas, pressão por resultados acadêmicos, comportamento agressivo ou violento, falta de respeito com à autoridade do professor, também foram mencionados, conforme Tabela 1.

Tabela 1. Maneiras que o comportamento dos alunos contribui para o nível de estresse do professor, entre os 19 professores.

Descrição	Quantidade de apontamentos	Quantidade de apontamentos (%)
Indisciplina e desrespeito	16	84,2
Falta de interesse e engajamento	18	94,7
Conflitos e Bullying	4	21,1
Demandas excessivas (alunos que demandam atenção constante)	5	26,3
Pressão por resultados acadêmicos	5	26,3
Comportamento agressivo ou violento	2	10,5
Falta de respeito com à autoridade	9	47,4
Interrupções constantes	14	73,7

Os professores, que são afetados de alguma forma pelo comportamento dos alunos, apontaram que a falta de interesse e engajamento podem afetá-los. Esse apontamento destaca que os professores requerem uma maior participação dos alunos no que é trabalhado pelos docentes. Essa relação professor-aluno pode desestimular ou estimular ambas as partes, contudo, nesse caso a ausência de engajamento e comprometimento, bem como indisciplina e desrespeito dos alunos está afetando os professores, no que diz respeito ao estresse, em um grau mais elevado que os demais itens apontados.

Quando questionados se o comportamento do aluno afeta o desenvolvimento da atividade de ensino do docente, 85,7% dos professores (18 indivíduos) indicaram que sim, outros 14,3% indicaram que não (Figura 11).

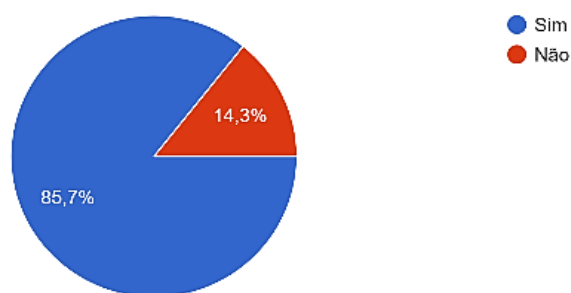


Figura 11. O comportamento dos alunos afeta o desenvolvimento da atividade de ensino do professor.

Quando questionados se o nível de estresse afetava o desenvolvimento da atividade de ensino, 52,4% indicaram que sim, outros 47,6% indicaram que não, conforme observado na Figura 12.

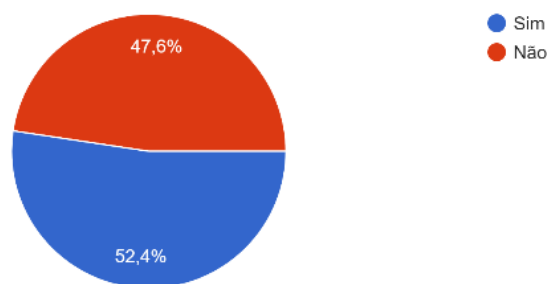


Figura 12. O nível de estresse afeta o desenvolvimento da atividade de ensino.

Há uma diferença mínima entre os que indicam que o desenvolvimento das atividades de ensino pode ser afetado pelo nível de estresse e os que indicam que o seu estresse não afeta as suas atividades. Apesar do equilíbrio, observando a Tabela 1 e a Figura 12, o aluno pode influenciar negativamente o bom desenvolvimento da atividade de ensino, uma vez que o comportamento dos alunos pode contribuir para o nível de estresse de alguns professores.

Entre os que responderam aos questionamentos 38,1% deles indicaram que o nível de estresse é regular (figura 13).

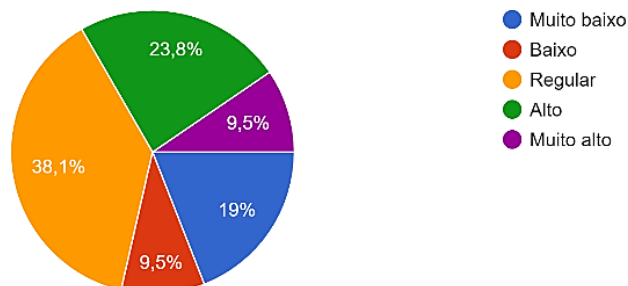


Figura 13. Classificação do nível geral de estresse no trabalho.

Os que indicaram que o nível de estresse no trabalho é alto ou muito alto, acumulam o percentual de 33,3%, o que é um ponto a se destacar. O professor, como outros profissionais, necessita de um ambiente favorável para realizar suas demandas, e o acúmulo de situações estressantes e a continuidade de um ambiente que pode afetá-lo negativamente, sem a intervenção devida e necessária, pode acarretar em prejuízo para o profissional e consequentemente para a instituição, uma vez que o recurso humano, o professor, é fundamental na proposta educacional.

Além disso, 52,4% dos profissionais entrevistados indicam que sentem que seu trabalho afeta negativamente sua saúde mental (Figura 14).

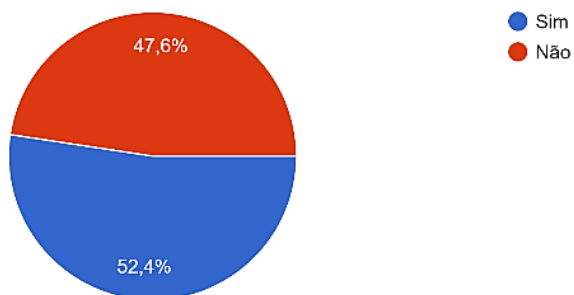


Figura 14. Efeito do trabalho sobre a sua saúde mental.

Nesse sentido, é importante destacar que o trabalho ultrapassa o momento vivenciado o ambiente laboral e traz consequências para a vida cotidiana dos docentes, afetando a saúde mental de alguns profissionais.

Os profissionais entrevistados foram questionados se a empresa, no caso a escola, ofertava recursos ou programas de apoio à saúde mental, 85,7% indicaram que não ofertavam e os 14,3% restantes informaram que não sabiam da existência de recursos ou programas dessa natureza para os profissionais de educação.

Os professores, na última pergunta, responderam quais mudanças acreditavam que poderiam melhorar a saúde mental no ambiente escolar.

Os entrevistados apontaram diversos fatores que poderiam melhorar a saúde no local de trabalho. Dentre os fatores, pode-se citar: Melhorar a estrutura física, menor jornada de trabalho, autonomia na condução das atividades cotidianas, apoio dos superiores nas questões relacionadas a escola, diálogo para ser ouvido e ter voz efetiva, palestras sobre saúde

mental e física para os professores, diminuição das barreiras impostas para realização das atividades extraclasse, a disponibilidade de equipe multidisciplinar na escola para apoio educacional aos alunos e professores (psicólogo, psicopedagogo, assistente social, entre outros), colaboração dos colegas de trabalho na execução das atividades coletivas, planejamento e previsibilidade de atividades que sejam condizentes com a realidade do contexto escolar, tecnologia e recursos, reconhecimento, valorização e flexibilidade de horários, quando possível.

A tabela 2 apresenta os apontamentos e o percentual de indicações acerca do que pode melhorar a saúde no local de trabalho.

Tabela 2. Mudanças que os professores acreditam que poderiam melhorar a saúde mental no ambiente escolar.

Descrição	Quantidade de apontamentos (%)
Melhorar a estrutura física	85,7
Menor jornada de trabalho	38,1
Autonomia na condução das atividades cotidianas	14,3
Apoio dos superiores nas questões relacionadas a escola	57,1
Diálogo para ser ouvido e ter voz efetiva	61,9
Palestras sobre saúde mental e física para os professores	66,7
Diminuição das barreiras impostas para atividades extraclasse (viagens culturais/eventos educacionais)	66,7
Equipe multidisciplinar na escola para apoio educacional aos alunos e professores (psicólogo, psicopedagogo, assistente social, entre outros)	66,7
Colaboração dos colegas de trabalho na execução das atividades coletivas	23,8
Planejamento e previsibilidade de atividades que sejam condizentes com a realidade do contexto escolar	38,1
Tecnologia e recursos	57,1
Reconhecimento e valorização	81
Flexibilidade de horários, quando possível.	52,4
Apoio das famílias dos alunos	14,3

A maioria dos professores que participaram da pesquisa informaram que estrutura física (85,7%) e o reconhecimento e a valorização (81%) podem proporcionar melhora na saúde mental no ambiente de trabalho. Contudo, diversos fatores podem proporcionar uma melhor qualidade e o conjunto de ações para sanar as deficiências apontadas permitem uma

maior satisfação dos profissionais e possibilita que o desenvolvimento das atividades seja mais proveitoso.

Além disso, vale ressaltar que recursos físicos são importantes, mas a participação ativa do professor na dinâmica escolar é tida como uma situação que pode melhorar a saúde mental dos colabores. Além disso, a valorização e reconhecimento é importante em qualquer ambiente de trabalho e é um anseio de parte dos colaboradores.

4. CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos pode-se concluir que a educação envolve questões diversas e que muitos fatores podem afetar a qualidade do ensino, o que inclui a saúde do professor e o nível de estresse no ambiente de trabalho.

Vale destacar que, a educação de qualidade requer uma estrutura física, recursos humanos com materiais e insumos ofertados de maneira satisfatória. Nada obstante, o professor, recurso humano fundamental da escola, necessita de condições básicas para extrair o melhor do seu exercício profissional. Como apresentado nessa pesquisa, o ambiente físico e emocional, afetam a dinâmica do trabalho docente e, conseqüentemente, a vida dos discentes.

Nesse contexto, o trabalho realizado e apresentado demonstra que fatores relacionados aos alunos, colegas de trabalho no mesmo nível hierárquico e superiores são percebidos como importantes no ambiente de ensino, e essas situações requerem uma atenção maior dos gestores escolares, pois essas dinâmicas podem afetar o bom andamento da equipe educacional.

Ainda, destaca-se que as relações no ambiente educacional afetam tanto a qualidade da educação como a vida pessoal de parte dos docentes presentes nessa pesquisa, de modo que o nível de estresse tem relação direta com as relações e convivência do local.

Por fim, apesar das dificuldades enfrentadas, os docentes acreditam que algumas mudanças/melhorias podem contribuir com a saúde mental no ambiente de trabalho, e as demandas citadas pelos docentes – que não são incomuns em ambientes educacionais – podem trazer um alívio para os docentes que estão em situação mais propensa ao estresse e que, em estado avançado de estresse pode desencadear problemas mais sérios.

REFERÊNCIAS

- [1] Brasil. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm
- [2] Brasil. Lei nº 9394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece As Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Brasília, DF. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19394.htm
- [3] Gasparini SM, Barreto SM, Assunção AÁ. O professor, as condições de trabalho e os efeitos sobre sua saúde. *Educação e Pesquisa* 2005; 31(2):189-199, ago. 2005. <https://doi.org/10.1590/S1517-97022005000200003>
- [4] Codo W. Educação: Carinho e Trabalho. [S.I]: Editora Vozes Ltda, 1999. 446 p. Disponível em: <https://pdfcoffee.com/4-educacao-carinho-e-trabalho-livro-inteiro-pdf-free.html>

[5] Amancio GM, Oliveira AG, Oliveira DDL. A influência da estrutura escolar no processo de ensino-aprendizagem. VII CONEDU- Conedu em Casa. Campina Grande: Realize Editora, 2021. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/80781>

[6] Richit A, Ponte JP. A colaboração profissional em estudos de aula na perspectiva de professores participantes. *Bolema: Boletim de Educação Matemática* 2019; 33:937-962. <https://doi.org/10.1590/1980-4415v33n64a24>

[7] Lima JA, Fialho A. Colaboração entre Professores e Percepções da Eficácia da Escola e da Dificuldade do Trabalho Docente. *Revista Portuguesa De Pedagogia* 2016; 2(1):27-53. https://doi.org/10.14195/1647-8614_49-2_2

[8] Birolim MM, Mesas AE, González AD et al. Trabalho de alta exigência entre professores: associações com fatores ocupacionais conforme o apoio social. *Ciência & Saúde Coletiva* 2019; 24(4):1255-1264. <http://dx.doi.org/10.1590/1413-81232018244.08542017>

[9] Unesco. Educação: do fechamento das escolas à recuperação. Disponível em: <https://www.unesco.org/pt/covid-19/education-response>



Centenário de Nascimento do Físico Brasileiro César Lattes

José Carlos Teixeira de Oliveira

Departamento de Física, Universidade Federal de Roraima, Campus do Paricarana, Av. Cap. Ene Garcez, 2413, Bairro Aeroporto, 69310-000, Boa Vista-RR. E-mail: jose.oliveira@ufrr.br

Abstract

In this article, we present some aspects of the life and work of César Lattes, one of the most recognized Brazilian Physicists by the international scientific community, due to his pioneering work in the discovery, natural and artificial, of the pi meson.

Keywords: César Lattes; Brazilian Physicist; Birth Centenary; Biography; Cosmic Rays; Pi Meson.

1. INTRODUÇÃO

Comemorou-se, neste ano de 2024, o centenário de nascimento do físico brasileiro Cesare Mansueto Giulio Lattes, mais conhecido como César Lattes. Nascido em Curitiba, capital do Estado do Paraná, em 11 de julho de 1924, filho de imigrantes vindos do Piemonte italiano, cujos pais chamavam-se Giuseppe Lattes, natural de Turim, e Carolina Maroni, de Alessandria [1,2].

César Lattes é um dos físicos brasileiros mais ilustres e honrados. Ele, ainda muito jovem, fez descobertas científicas de grande repercussão mundial. Seu trabalho como pesquisador foi fundamental para o desenvolvimento de três grandes áreas: física nuclear, física de partículas, e de raios cósmicos. Mas foi nesta última que os trabalhos de Lattes deixaram contribuição mais marcante para a física experimental no Brasil. Ele também foi um grande líder científico e uma das principais personalidades por trás da criação de importantes instituições de apoio à ciência no Brasil [3].

2. CÉSAR LATTES E SUA FORMAÇÃO COMO ESTUDANTE

Lattes, aos dois anos de idade, mudou-se de Curitiba para Caxias do Sul – RS. Depois foi para Porto Alegre – RS, onde iniciou o Curso Primário, em 1929, no Instituto Menegati. Durante a Revolução de 1930, ele foi com a família para a Itália, onde ficou por seis meses e estudou numa Escola Pública em Turim. Ao voltar da Itália, ele completou o Curso Primário na Escola Americana, em Curitiba, de 1931 a 1933. No período de 1934 a 1938, ele foi para São Paulo cursar o Ensino Secundário (atual Ensino Médio) no Instituto Médio Dante Alighieri. Por fim, o Curso Superior, ele o realizou na Universidade de São Paulo (USP), recebendo o Grau de Bacharel em Física, em 1943, com apenas 19 anos, pela então Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras (FFCL) dessa Universidade (ver Figura 1) [2].



Figura 1: Foto de formatura de César Lattes no Curso de Física da USP, em 1943. Fonte: Ref. [3].

3. CÉSAR LATTES E SUA ESCOLHA PELA FÍSICA

Como todo jovem, Lattes viveu um dilema quanto à carreira a seguir, mas acabou se motivando para ser um professor de Física, quando soube que, na época, o professor do Ensino Secundário tinha três meses de férias. Ele optou pela Física por ser uma matéria que sempre teve facilidade para aprender e que, segundo ele, pouco precisava estudar. Assim, disse a seu pai que gostaria de ser um professor de Física [1].

O pai de Lattes, que na época era gerente do Banco Francês-Italiano (atual Santander), em São Paulo, conheceu o físico ítalo-russo Gleb Wataghin (1899-1986), cliente do referido Banco, que tinha vindo para o Brasil, em abril de 1934, criar um importante grupo de pesquisas em raios cósmicos, tornando-se um dos primeiros catedráticos da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, futura USP. Dessa forma, o pai de Lattes falou sobre o seu filho a Gleb Wataghin. E também orientou seu filho a ir conversar com o eminente professor sobre a possibilidade de cursar Física. A orientação do pai foi seguida por Lattes que, ao conversar com Wataghin, o mesmo afirmou que era possível não fazer o pré-vestibular. Assim, Lattes fez um ano a menos no Ensino Secundário e acabou se formando em Física aos 19 anos de idade [1,2,4].

4. CÉSAR LATTES E SUA INICIAÇÃO CIENTÍFICA

César Lattes gostava de se referir a Gleb Wataghin como o pai da Física brasileira, pelo que realizou em São Paulo, junto à Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da USP, devido aos seus importantes trabalhos teóricos sobre a Física dos Raios Cósmicos e as condições que criou também para o desenvolvimento experimental nessa área [1]. Destaque-se que Gleb Wataghin contou também com o físico italiano

Giuseppe Occhialini (1907-1993) que veio, em 1938, para o Brasil. Wataghin o convidou porque ele era um excelente físico experimental [2].

César Lattes teve boa formação teórica durante a graduação. Ele foi aluno de Marcelo Damy de Souza Santos (1914-2009), em Física Geral e Experimental; de Abrahão de Moraes (1917-1970), em Física Matemática; de Giacomo Albanese (1890-1947), em Geometria Projetiva; e de Gleb Wataghin e Giuseppe Occhialini, em disciplinas profissionais do Curso de Física. Enquanto as aulas dos três primeiros professores eram mais tradicionais, isto é, no sentido de serem nelas estudados assuntos de Física já consagrados nos livros-texto, as de Gleb Wataghin e Giuseppe Occhialini eram, sobretudo, baseadas em seminários sobre temas publicados em revistas especializadas em Física, graças à excelente biblioteca que Wataghin organizou e manteve sempre atualizada, na FFCL [1,2].

Muito embora César Lattes tenha sido aluno de Giuseppe Occhialini apenas no 3º ano de seu Curso de Graduação, em 1943, e somente em uma disciplina sobre Raios X, a maneira curiosa como ministrou essa disciplina (dispensou a teoria) permitiu que Lattes aprendesse bastante sobre a leitura de filmes de raios X uma vez que, sendo Lattes o único aluno matriculado na turma de Occhialini, as aulas desta naquela disciplina consistiram em fazer seu aluno ter um treinamento na análise de chapas fotográficas aplicadas ao estudo de raios X [2,3].

5. CÉSAR LATTES E O INÍCIO DE SUA CARREIRA CIENTÍFICA

Logo após ter concluído o Curso de Bacharelado em Física, Lattes começou a colaborar, como assistente, com Gleb Wataghin, Mário Schenberg (1914-1990) e Walter Schützer (1920-1963), em trabalhos teóricos, resultando dessa colaboração, três artigos publicados, sendo dois deles nos Anais da Academia Brasileira de Ciências, e um no prestigioso periódico americano *Physical Review* [2].

Um fato importante ocorre em 1944: Giuseppe Occhialini vai para a Inglaterra, trabalhar com o físico britânico Cecil Frank Powell (1903-1969) no H. H. Wills Physics Laboratory, da Universidade de Bristol. Por causa de o Brasil ter entrado na Segunda Guerra Mundial, sendo ele cidadão italiano, foi considerado inimigo de nosso país, não havendo ambiente para que permanecesse no Brasil [1,2].

A simpatia de César Lattes pela carreira de físico teórico foi bastante desmotivada depois de ter trabalhado com Wataghin, Schenberg e Schützer em problemas relacionados à abundância de elementos no universo. Segundo Lattes, cálculos envolvendo uma lagrangiana (Sistema dinâmico expresso pela diferença entre a energia cinética T e a energia potencial V , e da qual se derivam as equações de movimento), “com 99 termos”, ocupavam páginas e páginas [5].

No entanto, quando Giuseppe Occhialini foi para a Inglaterra, em 1944, deixou para César Lattes uma câmara de

Wilson (Detector de partículas usado para visualizar a passagem de radiação ionizante) que não funcionava. Lattes, porém, com auxílio de colegas, consertou a câmara, fez algumas chapas fotográficas e as enviou para Occhialini, em Bristol. Então, entusiasmado por haver colocado em funcionamento a câmara de Wilson, decidiu tornar-se um físico experimental [1,2].

Em algum momento de 1945, Lattes recebeu de Occhialini, por correio, fotografias mostrando trajetórias de prótons e partículas alfa (constituídas por dois prótons e dois nêutrons, tendo a mesma estrutura do núcleo do átomo de hélio), obtidas através de chapas fotográficas especiais [compostas por uma nova emulsão, onde a relação entre a concentração de haletos (sais de prata) e de gelatina era quatro vezes maior que nas chapas fotográficas convencionais], com capacidade de mostrar a trajetória de partículas com muito mais definição que a câmara de Wilson. Lattes ficou impressionado com o que viu. Escreveu ao ex-professor e pediu para ir trabalhar em Bristol, para aprender a técnica [3,5].

6. CÉSAR LATTES E SUA CARREIRA CIENTÍFICA INTERNACIONAL

Em Bristol, Giuseppe Occhialini conseguiu com Cecil Frank Powell uma bolsa para Lattes (ainda que modesta, de 15 libras por mês), dada pela empresa Wills (fabricante de cigarros), a mesma que havia financiado a construção do Laboratório H. H. Wills, da Universidade de Bristol. No Brasil, por sua vez, Lattes, por intermédio e influência do matemático brasileiro Leopoldo Nachbin (1922-1993), obteve ajuda para a passagem com a Fundação Getúlio Vargas [1,3,5].

No início de 1946, Lattes embarca no navio ‘Santo Rosário’ (segundo ele, o primeiro navio cargueiro que partiu, depois da Segunda Guerra Mundial, carregando passageiros do Brasil). Depois de 40 dias de viagem a bordo, desembarcou em Liverpool. Após uma breve passagem por Londres, chegou à estação ferroviária de Bristol, em um final de semana. Dois dias depois, juntou-se a Giuseppe Occhialini e Cecil Frank Powell [1,5].

Em Bristol, a primeira tarefa de Lattes foi medir o nível de decaimento de partículas alfa do elemento químico samário com a ajuda das novas emulsões, chamadas de emulsões nucleares. Em seguida, Lattes e outros membros do Laboratório [sendo um deles, o físico britânico Peter Howard Fowler (1923-1996), neto de Ernest Rutherford (descobridor do núcleo atômico)] receberiam uma nova missão: calibrar lotes recentes dessas emulsões, ou seja, obter a chamada relação alcance-energia, bombardeando-as com um feixe de 1 MeV de deutério produzido pelo acelerador Cockroft-Walton, em Cambridge, Inglaterra. Eles obtiveram a relação alcance-energia nas novas emulsões nucleares para prótons, partículas alfa e núcleos de deutério até 10 MeV. Esses resultados foram importantes para estabelecer parâmetros relacionados à detecção individual de partículas carregadas em emulsões

nucleares. Basicamente, a calibração significava saber qual a extensão e o número de grãos (sais de prata) da trajetória de uma determinada partícula. Isso permitiria diferenciar a trajetória de uma partícula com a daquela deixada por outra [3,5].

Lattes, ao planejar esses experimentos de calibração, feitos no acelerador de partículas em Cambridge, teve a ideia de incluir detalhes para que também pudesse usar aquelas emulsões nucleares no estudo de raios cósmicos. E aqui surge o que o próprio Lattes considerava uma de suas grandes contribuições para a física: por telefone, para a Ilford (Empresa que fabricava as emulsões nucleares no Reino Unido), encomendou um lote de emulsões nucleares (cerca de duas dúzias) em cuja gelatina haveria a inclusão do elemento químico boro [este, na forma de bórax (tetraborato de sódio)] [3,5].

A ideia de Lattes era ver como um núcleo de boro se desintegraria ao ser bombardeado com um núcleo de deutério acelerado pela máquina de Cambridge. Ele constatou que, com a colisão, produziu um carbono e um nêutron ($B^{11} + H^2 \rightarrow C^{12} + n$). E era este último que interessava a Lattes. Sua ideia era estudar nêutrons gerados na radiação cósmica, por meio de um tipo de reação inversa: ao expor as emulsões nucleares aos raios cósmicos, um nêutron poderia colidir com um boro e gerar fragmentos que, por terem carga elétrica, deixariam rastros (trajetórias) nas emulsões. E, ao estudar propriedades dessas reações, Lattes conseguiria descobrir peculiaridades dos ditos nêutrons cósmicos [3,5].

No final de 1946, Lattes pediu a Occhialini, que estava saindo de férias para esquiar nos Pirineus Franceses, que expusesse placas de emulsões com e sem bórax, no observatório astronômico Pic du Midi, a 2800 m de altitude. Após as férias, na mesma noite em que Occhialini regressou a Bristol, ele e Lattes revelaram as placas de emulsões nucleares. Logo perceberam que as placas com bórax apresentavam mais eventos que as sem bórax, uma vez que este composto químico tinha o pH certo para manter a imagem latente na emulsão por muito mais tempo [2,3,5].

Desse modo, o grupo de Cecil F. Powell (composto também por H. Muirhead, R. M. Payne e U. Camerini) iniciou um árduo trabalho para analisar esses eventos. Ainda no grupo de Powell, havia cerca de uma dúzia de mulheres cuja função era examinar as minúcias das emulsões nucleares ao microscópio óptico, em busca de trajetórias que pudessem revelar novos fragmentos de matéria. Após alguns dias de busca ao microscópio óptico, uma jovem microscopista, de nome Marietta Kurz, encontrou um raro evento. O mesmo foi identificado como um méson primário (partícula subatômica com massa compreendida entre a do elétron e a do próton) que decaía em um secundário. Mas este último não parava na emulsão. Posteriormente, outra microscopista, Irene Roberts, achou outro decaimento desse tipo, mas, dessa vez, com um secundário parando dentro da emulsão e com uma trajetória de 600 microns (ver Figura 2) [2,3,5].

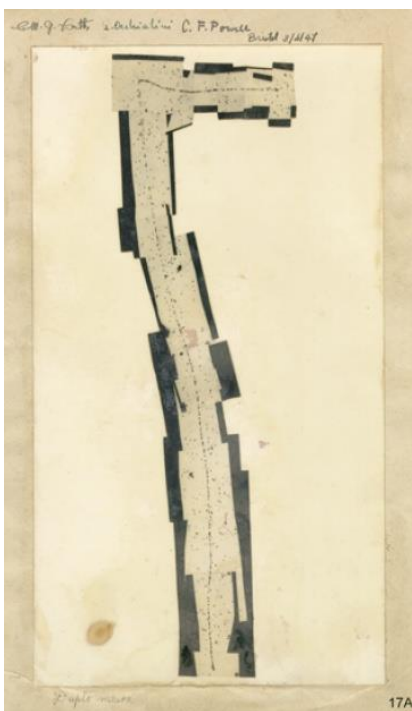


Figura 2: Decaimento de um méson primário (trajetória horizontal pontilhada, acima) em um secundário (trajetória vertical para baixo), observado na emulsão nuclear. Fonte: Ref. [1].

Deve-se salientar que foi fácil ao Grupo de Bristol identificar essas partículas como mésons e não como prótons, isto devido à variação da densidade de grãos (sais de prata) com o alcance e, também, devido ao espalhamento ser muito largo. Em vista disso, esses primeiros resultados sobre os mésons-duplos foram publicados na edição de 24 de maio de 1947 da revista científica britânica *Nature*, sendo o artigo assinado nesta ordem: C. Lattes, H. Muirhead, G. Occhialini e C. F. Powell (ver Figura 3) [6].



Figura 3: Grupo de Bristol, chefiado por Cecil Powell (sentado à esquerda de terno e gravata). César Lattes é o quarto na segunda leva de sentados da esquerda para a direita. E Giuseppe Occhialini é o terceiro na primeira leva de sentados da esquerda para a direita. Fonte: Ref. [7].

Para compreendermos a importância dessa descoberta pelo Grupo de Bristol, voltemos ao ano de 1935, quando o físico japonês Hideki Yukawa (1907-1981) propôs uma teoria para explicar porque os prótons, que têm carga elétrica positiva, não se repelem, ao ponto de explodir o núcleo. A teoria de Yukawa se referia à chamada força nuclear forte, responsável por manter prótons e nêutrons confinados, garantindo, portanto, a existência do núcleo. Os cálculos de Yukawa indicavam que a partícula transmissora da força nuclear forte deveria ter massa entre a do elétron e a do próton. Com aproximadamente 200 vezes a massa do elétron, a partícula foi chamada de méson, do grego ‘médio’. Por outro lado, em 1937-38, os físicos americanos Carl David Anderson (1905-1991) e Seth Henry Neddermeyer (1907-1988), ao fazerem fotografias de raios cósmicos em câmara de Wilson, em altitudes de montanha, descobriram novas partículas de massa intermediária entre a do elétron e a do próton, denominadas por eles de méstrons. Em decorrência disto, a grande questão que surgiu foi a de saber se os méstrons de Anderson e Neddermeyer eram os mésons previstos por Yukawa [2,3,5].

6.1. César Lattes e sua ida à Bolívia (Monte Chacaltaya)

Aqueles dois eventos (mésons-duplos), obtidos pelo Grupo de Bristol, não eram suficientes para revelar propriedades, como a massa, daquelas duas partículas. Era preciso, então, a detecção de mais eventos daquele tipo.

Lattes, ao perceber o alcance das novas emulsões nucleares com bórax, e a exposição delas em grandes altitudes, pediu a Cecil Powell que financiasse sua ida a um lugar de altitude para fazer novas exposições. Ele foi à biblioteca do Departamento de Geografia da Universidade de Bristol, com a finalidade de encontrar um pico elevado no qual pudesse expor mais emulsões na esperança de detectar mais eventos do tipo méson-duplo. Receoso, não escolheu uma montanha europeia, pois, segundo ele: “as coisas ainda estavam quentes na Europa” por conta da guerra. Achou, no entanto, o Monte Chacaltaya, na Bolívia, cujo cume atingia cerca de 5400 m de altitude (quase o dobro do Pic du Midi nos Pirineus Franceses, que tem 2800 m), a uma distância de 20 km, por terra, de La Paz (capital da Bolívia) [2,5].

Numa breve cerimônia em que foi entregue a Lattes o dinheiro para a sua viagem à Bolívia, ele ouviu apenas uma exigência: compre as passagens de uma empresa britânica, pois as verbas eram governamentais. No entanto, em sua ida à Londres, de onde embarcaria, Lattes escutou de um membro da embaixada brasileira o seguinte comentário: os aviões das companhias britânicas eram refugio, ou seja, bombardeiros da Segunda Guerra reformados; então, o orientou a viajar pela companhia brasileira Panair. Desobedecendo as recomendações de Bristol, Lattes voou pela Panair. Sorte dele,

pois o avião da companhia britânica que o traria ao Rio de Janeiro, caiu em Dakar, no Senegal, onde há relatos de que não houve sobreviventes [3].

Lattes chegou ao Brasil e logo seguiu para Chacaltaya, na Bolívia (ver Figura 4). Lá, expôs as placas de emulsões nucleares. Um mês depois, voltou para recuperá-las. Já na Bolívia e depois do seu retorno ao Rio de Janeiro, um rápido exame dessas placas de emulsões evidenciou um terceiro evento do tipo méson-duplo, o qual possuía o mesmo alcance daqueles dois obtidos pelo Grupo de Bristol, ou seja, aproximadamente 600 microns [2,3].

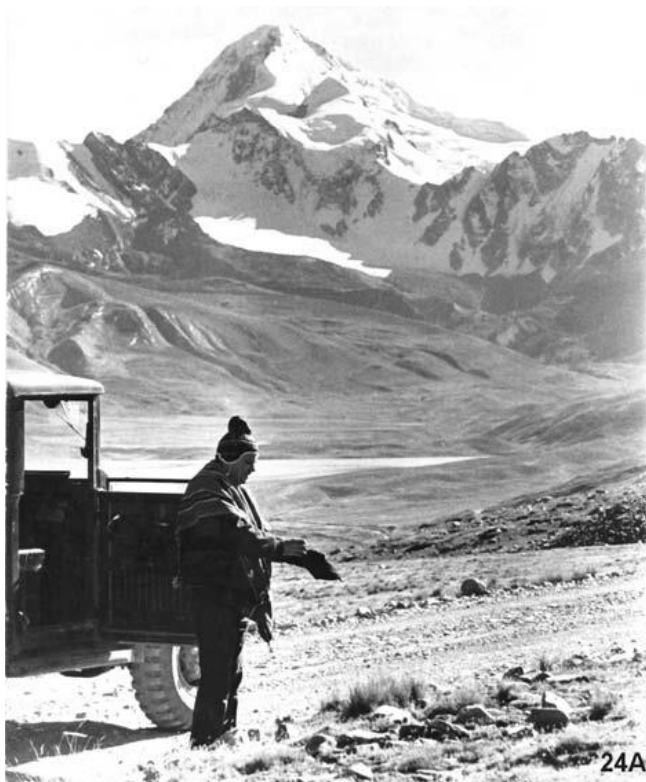


Figura 4: Lattes no caminho para o Laboratório de Física Cósmica no Monte Chacaltaya, Bolívia. Fonte: Ref. [8].

6.2. César Lattes e o seu retorno a Bristol (Inglaterra)

Lattes voltou à Bristol com suas placas de emulsões expostas em Chacaltaya, e lá elas foram devidamente reveladas e examinadas pelas microscopistas. O Grupo de Bristol encontrou, por fim, cerca de mais 30 eventos do tipo méson-duplo [2].

Convencidos que haviam descoberto um processo fundamental da Natureza, Lattes, Occhialini e Powell passaram a calcular as massas desses mésons-duplos (primário e secundário) contando, através de um microscópio óptico, os grãos das trajetórias deixadas nas emulsões reveladas. Desse modo, encontraram uma massa de $139 \text{ MeV}/c^2$ para o méson primário, e $106 \text{ MeV}/c^2$, para o secundário. O méson-duplo foi, então, identificado como

sendo devido a um processo de decaimento do méson de Yukawa (méson primário, chamado hoje de méson pi ou pión) no mésontron de Anderson e Neddermeyer (o méson secundário, chamado hoje de méson mi ou múon). Esses resultados foram publicados na revista científica britânica *Nature*, e nos *Proceedings of the Physical Society of London* [2,9-11].

6.3. César Lattes e sua ida a Berkeley, Califórnia

De posse do resultado da experiência de seu Grupo, em Bristol (Inglaterra), Lattes pensou numa maneira de produzir artificialmente os mésons pi. Ele tinha conhecimento da existência do maior acelerador de partículas do mundo, o sincrociclótron de 184 polegadas do Laboratório de Radiação, na Universidade da Califórnia, em Berkeley (Estados Unidos), que acelerava partículas alfa a 380 MeV. Baseado em cálculos que havia feito informalmente, mesmo assim, Lattes tinha a convicção de que poderia detectar o méson pi naquela máquina [2,3,5].

Por indicação de Gleb Wataghin, Lattes foi contemplado com uma bolsa da Fundação Rockefeller. Porém, precisava ainda de uma permissão da Comissão de Energia Atômica dos Estados Unidos para trabalhar naquele acelerador, pois o acesso ao mesmo não era muito simples, tendo em vista o pós-guerra. Então, em uma de suas viagens ao Rio de Janeiro, Lattes e o físico José Leite Lopes (1918-2006) foram falar com o Almirante Álvaro Alberto da Mota e Silva (1889-1976), representante do Brasil na Comissão de Energia Atômica das Nações Unidas, para ver se ele conseguia a referida permissão. Contudo, antes de seguir para a Califórnia, Lattes esteve em Copenhague (Capital da Dinamarca), por convite do físico dinamarquês Niels Bohr (1885-1962), Nobel de Física em 1922, e também na Suécia, para falar sobre seu trabalho em Bristol, Inglaterra [2].

No final de 1947, Lattes voltou ao Brasil e, no início de 1948, se casou com a pernambucana Martha Lima de Siqueira Neto (1923-2002), formada em matemática. O casal seguiu, em lua de mel, para os Estados Unidos, ele com bolsa da Fundação Rockefeller e como *Expert Consultant* (Consultor Especialista) da poderosa Comissão de Energia Atômica daquele país [3].

Lattes, portanto, no início de 1948, chegou em Berkeley, Califórnia, onde, desde 1 de novembro de 1946, funcionava o sincrociclótron de 184 polegadas, financiado com US\$ 1,5 milhão pela Fundação Rockefeller. O principal objetivo desse acelerador era a produção artificial de mésons. Porém, até então, essas partículas não haviam sido detectadas, para a profunda insatisfação do líder do grupo, o físico americano Eugene Gardner (1913-1950) [5].

Nos meses anteriores à chegada de Lattes em Berkeley, várias cartas haviam sido trocadas entre o grupo de Gardner e Bristol, na esperança de que se conseguisse a reprodução dos resultados obtidos pelos colegas europeus. Receitas, as mais diversas possíveis, alteravam o tipo de revelador, o tempo de revelação, produtos químicos utilizados, entre outros procedimentos, na tentativa de encontrar as trajetórias de mésons nas emulsões expostas no acelerador [5].

Lattes, em seus discursos, sempre ressaltou que “não descobriu” os mésons pi em Berkeley, mas que apenas os detectou, pois eles já vinham sendo produzidos pelo acelerador desde o início de seu funcionamento [5].

As evidências surgiram cerca de 10 dias depois da chegada de Lattes em Berkeley. Uma das primeiras iniciativas dele foi perguntar a Gardner quanto tempo ele mantinha as emulsões no revelador. Resposta: quatro minutos. Lattes, então, afirmou que esse tempo deveria ser dez vezes maior. Também retirou o excesso de papel preto que envolvia as emulsões, pois, segundo ele, isso ‘freava’ os mésons. Ele ainda aumentou o tempo de observação ao microscópio, situação (e posição) em que Gardner não podia ficar por muito tempo por conta de uma berliose (inflamação pulmonar que tira a flexibilidade dos pulmões, dificultando a respiração), doença que o americano havia desenvolvido, aos 29 anos de idade, por inalar o elemento químico berílio nos trabalhos de construção da bomba atômica do Projeto Manhattan [3,5].

Dessa forma, o problema foi resolvido, e os primeiros mésons pi (negativos), produzidos artificialmente pelo acelerador, apareceram para o olhar treinado de Lattes [12]. Gardner e Lattes publicaram esses resultados na revista americana Science (ver Figura 5) [5,13].



Figura 5: Foto de Lattes e Gardner na capa da revista Science, em 1948, no laboratório onde foi detectado o primeiro méson pi (negativo) artificial. Fonte: Ref. [1].

Mais tarde, foram detectados os mésons pi (positivos), com mais dificuldade, pois esses se misturavam com as trajetórias de outras partículas nas emulsões (sendo publicado no periódico americano Physical Review) [5,14].

Pouco antes de seu retorno ao Brasil, Lattes ainda, a pedido do físico americano Edwin Mattison McMillan (1907-1991), analisou emulsões expostas ao feixe de 300 MeV de raios

gama gerados também pelo sincrociclótron. Lattes detectou nessas emulsões cerca de uma dúzia de mésons pi (positivos e negativos), bem como a primeira evidência do méson pi (neutro), produzido por fótons [5].

7. CÉSAR LATTES E O SEU RETORNO AO BRASIL

Depois do sucesso em Bristol e, em Berkeley, Lattes volta ao Brasil para materializar a ideia da criação de um Centro de Pesquisas Físicas, no Rio de Janeiro, já que, ainda em Berkeley, havia conversado com Nelson Lins de Barros (1920-1966), que trabalhava no Consulado do Brasil, na Califórnia, e era irmão do Ministro João Alberto Lins de Barros (1897-1955), que era um político altamente influente no Brasil, sobre a viabilidade dessa ideia. Assim, em dezembro de 1948, do Rio de Janeiro, Lattes juntamente com José Leite Lopes, foram visitar o Ministro João Alberto sobre aquela sua ideia. Este, auxiliado pelos seus irmãos Nelson e Henry, tornaram então possível, legal e financeiramente, o Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF). Para poder estruturar este Centro, Lattes contou com o prestígio e a colaboração dos matemáticos Antonio Aniceto Monteiro (1907-1980), Leopoldo Nachbin (1922-1993) e do físico e matemático Francisco Mendes de Oliveira Castro (1902-1993), e também dos físicos Elisa Frota Pessoa (1921-2018), Gabriel Emiliano de Almeida Fialho, Jayme Tiomno (1920-2011), Lauro Xavier Nepomuceno, e do próprio José Leite Lopes (ver Figura 6) [2,15].



Figura 6: Algumas das personalidades que ajudaram a fundar o CBPF, e Hideki Yukawa. Em pé, da esquerda para a direita: César Lattes, Hideki Yukawa, e Walter Schützer; e agachados, da esquerda para a direita: Hervásio de Carvalho, José Leite Lopes e Jayme Tiomno. Fonte: Ref. [15].

Vale salientar que Lattes, ao deixar o Brasil e viajar para Bristol (Inglaterra), estava vinculado à Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras (FFCL) da USP, e ligado à regência das cadeiras de Física Teórica e Física Matemática.

No retorno de Lattes ao Brasil, no começo de 1949, Gleb Wataghin tentou mantê-lo em São Paulo, ao criar uma Cadeira para ele. Mas, como era uma Cadeira sem nome, sem verbas e sem salas, Lattes pediu demissão e foi ao Rio de Janeiro para assumir o cargo de Professor Titular do CBPF e, também, a Cadeira de Física Nuclear da Faculdade Nacional de Filosofia da Universidade do Brasil que os físicos Joaquim Costa Ribeiro (1906-1960) e José Leite Lopes haviam criado para ele [2].

Do final da década de 1940 até a metade da década de 1950, Lattes ocupou-se com a criação e a consolidação de grupos de pesquisa em Física, tanto em São Paulo, quanto no Rio de Janeiro. Assim, foi Diretor Científico do CBPF, trabalhou também na elaboração da criação do Conselho Nacional de Pesquisas (atual Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq) e, a partir de sua instalação em 1951, foi Membro de seu Conselho Deliberativo e, por fim, juntamente com o meteorologista espanhol Ismael Escobar Vallejo (1918-2009), implantou o Laboratório de Física Cósmica da Universidade Mayor de San Andrés, na Bolívia [2].

8. CÉSAR LATTES E O SEU REGRESSO AOS ESTADOS UNIDOS

Em agradecimento pelo feito de Lattes em Berkeley, o físico americano Ernest Orlando Lawrence (1901-1958), chefe responsável pela construção do sincrociclótron, ofereceu doar ao Brasil um acelerador (um protótipo que estava sem uso em Berkeley), ou ensinar um grupo de cientistas brasileiros a construir um, de pequeno porte. No entanto, os planos de Lawrence para o Brasil não se concretizaram. Foram trocados pelo projeto, capitaneado pelo Almirante Álvaro Alberto da Mota e Silva, de se construir um acelerador mais potente ainda que o de Berkeley [3].

Nesse aspecto, naufragamos solenemente, quanto ao projeto do Almirante Álvaro Alberto, pois faltavam recursos humanos especializados no Brasil, e também não havia infraestrutura para empreitada de tamanha envergadura. Um dos primeiros reveses foi não se conseguir um torno mecânico no Brasil com tamanho suficiente para usinar a peça que constituiria o eletroímã do acelerador. E ainda pior, o dinheiro que se usaria para a construção do acelerador, foi gasto em corridas de cavalo por Álvaro Difini, professor da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, e diretor financeiro da instituição onde o projeto deveria ser realizado, o Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF), fundado por Lattes e colegas em 1949. Esse acontecimento ficou conhecido como o ‘Escândalo Difini’, que foi usado politicamente pelo jornalista e político carioca Carlos Lacerda (1914-1977) para atacar o presidente Getúlio Vargas (1882-1954) [3].

Esses fatos causaram tremendo impacto na saúde mental de Lattes, que seguiu para os Estados Unidos, para se tratar e trabalhar. A ideia era se afastar do ambiente carregado

politicamente. Ele partiu em junho de 1955, onde aceitou o convite para ser o responsável pelo Grupo de Emulsões Nucleares do “Institute for Nuclear Studies Enrico Fermi” da Universidade de Chicago, permanecendo ali até novembro de 1956. Dessa data em diante, Lattes trabalhou como Pesquisador Associado do “College of Science, Literature and Arts” da Universidade de Minnesota, até dezembro de 1957. Sua produção científica nesse período foi baixa, provavelmente em decorrência de seu estado de saúde mental, marcado por episódios de depressão [2,3].

9. CÉSAR LATTES E A SUA VOLTA AO BRASIL

Após esse período de trabalho nos Estados Unidos, Lattes voltou ao Brasil e, por insistência dos físicos Mário Schenberg (1914-1990) e José Goldemberg (1928-), passou a trabalhar na USP, em tempo parcial, exercendo a Cadeira de Física Superior do Departamento de Física da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras (FFCL), havendo organizado o seu Laboratório de Emulsão Fotográfica [2,16].

No começo de 1960, Lattes recebeu uma proposta do físico americano Marcel Schein (1902-1960), da Universidade de Chicago, onde trabalhara, para tomar parte de uma organização internacional com o objetivo de estudar as emulsões que haviam sido expostas em balões estratosféricos, a 30.000 m de altitude. Desse modo, surgiu a “International Cooperative Emulsion Flights” (ICEF), do qual faziam parte grupos de pesquisa dos Estados Unidos, Canadá, Dinamarca, Inglaterra, França, Alemanha, Itália, Polônia, Suíça, Japão, Índia e o Brasil, naturalmente. Dessa organização internacional resultaram alguns importantes trabalhos, sendo que um deles foi apresentado na Conferência Internacional sobre Raios Cósmicos, realizada em Kyoto, Japão, em 1961 [2].

Lattes, como titular da Cadeira de Física Superior da FFCL da USP, organizou um grupo de pesquisas para estudar os fenômenos produzidos pela interação de raios cósmicos de energia superior a 10^{16} eV, em câmaras de emulsão-chumbo expostas no Monte Chacaltaya, Bolívia. Encerrada, em 1962, a participação do Brasil na ICEF, Lattes começou nesse mesmo ano a organizar o Projeto de Colaboração Brasil-Japão (CBJ), para estudar também essas emulsões. A Colaboração Brasil-Japão ocorreu graças aos contatos entre Hideki Yukawa (que previu a existência do méson pi), o qual visitou o Brasil em 1958, Mituo Taketani (que trabalhou no Brasil em 1958-1959, no Instituto de Física Teórica (IFT-SP) e em 1961-1962, na USP) e Lattes [2].

O retorno de Lattes à USP foi uma espécie de volta ao ponto de partida. O excelente Departamento de Física tinha os méritos e, ao mesmo tempo, carências de todo o sistema universitário: a rigidez burocrática, o engessamento de orçamentos e quadros de pessoal, tornava a organização inadequada para enfrentar problemas ligados ao crescimento da população estudantil necessário para o desenvolvimento. Em consequência das posturas burocráticas vigentes, Lattes foi também pressionado a fazer um concurso para o

provimento da Cadeira de Física Superior que ocupava interinamente. Para Lattes foi um sofrimento atroz suspender os trabalhos da Colaboração Brasil-Japão, na fase de implementação em que se encontrava, para redigir uma tese de concurso o que, afinal, fez a contragosto. A tese, entretanto, permaneceu inédita já que não foi defendida; antes de sua apresentação formal à banca examinadora, Lattes se transferiu para a nascente Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) [8].

Desse modo, em 1967, Lattes transferiu-se para a UNICAMP, a fim de organizar e dirigir o, hoje, Departamento de Raios Cósmicos e Cronologia (DRCC) do Instituto de Física Gleb Wataghin (IFGW). Assim, o Projeto de Colaboração Brasil-Japão passou a envolver o IFGW e o CBPF [2].

A Colaboração Brasil-Japão (CBJ) obteve resultados importantes, como a descoberta de uma série de eventos novos, do tipo chamado bola de fogo (fireball), eventos esses resultantes da interação de raios cósmicos com núcleos da atmosfera terrestre, e observados em câmaras de emulsão-chumbo expostas no Monte Chacaltaya, Bolívia. Esses eventos são de dois tipos: formação do evento com produção múltipla de mésons π (também chamados de píons), e formação do evento com produção de hádrons “exóticos” não piônicos (ou seja, possuem um número diferente de quarks quando comparados aos hádrons ordinários) [2].

O primeiro evento do tipo bola de fogo, observado pela Colaboração Brasil-Japão, com produção múltipla de mésons π , foi anunciado por Lattes na Conferência Internacional sobre Raios Cósmicos, realizada em Jaipur, Índia, em 1963, com o nome “Mirim” que, na língua tupi-guarani, significa “pequeno”, já que sua massa está entre 2-3 MeV/c². Em 1967, na Conferência Internacional sobre Raios Cósmicos ocorrida em Calgary, no Canadá, Lattes anunciou a detecção da “Açu” (que significa “grande”, em tupi-guarani), um novo evento tipo bola de fogo, com produção múltipla de mésons π , com massa entre 15-30 MeV/c². Já na Conferência Internacional sobre Raios Cósmicos realizada em Hobart, na Tasmânia, em 1971, outro tipo de produção múltipla de mésons π , foi anunciado por Lattes: a “Guaçu” (“muito grande”, em tupi-guarani), com massa entre 100-300 MeV/c² [2].

Os eventos, tipo bola de fogo, com produção de hádrons “exóticos” não piônicos, foram observados pela Colaboração Brasil-Japão na década de 1970. Assim, em 1973, esse Grupo comunicou na Conferência Internacional sobre Raios Cósmicos realizada em Denver (Capital do Estado do Colorado), Estados Unidos, a detecção do evento chamado “Centaurus”, um tipo de bola de fogo com massa da “Guaçu”, porém com a componente transversal do momento linear (p_t) da ordem de 1 GeV/c, contra 400-500 MeV/c apresentada pela “Guaçu”. O nome “Centaurus” foi dado por causa de um acontecimento estranho em sua produção. Nas outras famílias de bolas de fogo (“Mirim”, “Açu” e “Guaçu”), a energia observada era maior na câmara de emulsão de cima do que na de baixo. No caso do evento “Centaurus”, ocorre o contrário. Por outro lado, na Conferência Internacional sobre Raios Cósmicos ocorrida em 1977, em Plovdiv, na Bulgária, Lattes

anunciou um outro evento tipo “Centaurus” que, contudo, por apresentar a massa da “Açu”, foi batizada com o nome de “Mini-Centaurus” [2].

Por fim, a produção de hádrons “exóticos”, não piônicos, porém com p_t da ordem de 10 GeV/c, maior, portanto, do que o da família “Centaurus”, foi também observada pela Colaboração Brasil-Japão. O primeiro desses eventos foi apresentado por Lattes, em 1978, no “Topical Conference on Cosmic Rays and Particle Physics above 10 TeV” (promovida pela Universidade de Delaware e Bartol Research Foundation, Estados Unidos) com o nome de “Geminion”, com massa da família “Mini-Centaurus”, recebendo esse nome porque só produz um par de hádrons “exóticos”. Um outro evento desse tipo, com a massa da família “Centaurus”, porém com p_t da ordem de 10 GeV/c, foi comunicado pela Colaboração Brasil-Japão, no “Wisconsin Symposium”, em 1981. Esse evento recebeu o nome de “Chiron”. Essa família “Chiron”, contudo, apresenta um aspecto novo em relação às famílias “Centaurus” e “Mini-Centaurus”, pois os hádrons secundários que ela produz apresentam uma produção múltipla de mésons π e um feixe de partículas de componente hadrônica e eletromagnética, batizada pelo Grupo de “Mini-Cluster” [2].

10. CÉSAR LATTES E SUA CONTRIBUIÇÃO COMO ORIENTADOR NA FORMAÇÃO CIENTÍFICA DE PESSOAS NO BRASIL E NO EXTERIOR

Durante sua vida como pesquisador, Lattes sempre se preocupou com a formação de pessoas altamente qualificadas, preocupação essa comprovada pelas Dissertações de Mestrado que orientou (Anderson Campos Fauth, José Augusto Chinellato, Julio Cesar Hadler Neto), e de Teses de Doutorado (Carola Dobrigkeit Chinellato, Edison Hiroyuki Shibuya, José Augusto Chinellato, Julio Cesar Hadler Neto, Marta Sílvia Maria Mantovani), no Brasil, enquanto que, nos Estados Unidos (John Burfening, S. White, K. Bowker, S. Jones, F. Adelman) [2,17].

11. HONRARIAS RECEBIDAS POR CÉSAR LATTES

Lattes recebeu as maiores honrarias de todos os cantos do nosso país e, também, do mundo. Dentre elas, destacam-se o título de “Doutor Honoris Causa”, outorgado pela USP, em 1948, e recebido somente em 1964; “Honra ao Mérito”, da Rádio Nacional, em 1949; o “Prêmio Einstein”, da Academia Brasileira de Ciências, em 1950; o “Prêmio Ciência e Cultura”, do Instituto Brasileiro de Educação, Ciência e Cultura, em 1953; o “Prêmio Ernesto Fonseca Costa”, do Conselho Nacional de Pesquisas, em 1953; o título de “Cidadão Carioca”, em 1957; o título de “Cidadão Paulista Emérito”, em 1958; o título de “Personagem do Ano”, pelo Grêmio Cultural Rui Barbosa, em 1961; a “Ordem do Mérito Cultural”, da União Brasileira de Escritores, em 1969; o título de “Cidadão Honorário de La Paz”, Bolívia, em 1972; a “Medalha Carneiro Felipe”, do Conselho Nacional de Energia

Nuclear, em 1973; o “Prêmio Moinho Santista”, da Fundação Moinho Santista, em 1976; a “Comenda Andrés Bello”, outorgada pelo Governador da Venezuela, em 1977; o “Prêmio Bernardo Houssay”, da Organização dos Estados Americanos, em 1978; a “Medalha Santos Dumont”, em 1984; os títulos de “Doutor Honoris Causa” e de “Professor Emérito”, outorgados pela UNICAMP, em 1987, e recebidos somente em 15 de outubro de 2004; o “Award in Physics of Third World Academy of Sciences (o “Prêmio em Física da Academia de Ciências do Terceiro Mundo””, em Trieste, Itália, em 1988; a “Grã-Cruz da Ordem Nacional do Mérito Científico”, do Presidente da República do Brasil, em 1994 (ver Figura 7) [2,18].



Figura 7: César Lattes, em 2004, recebe do Reitor da Unicamp, Carlos Henrique de Brito Cruz, os títulos de Doutor Honoris Causa, e de Professor Emérito. Fonte: Ref. [19].

12. CÉSAR LATTES E O PRÊMIO NOBEL DE FÍSICA QUE NÃO VEIO

A existência dos mésons pi deu a Hideki Yukawa o Prêmio Nobel de Física de 1949, e a Cecil Frank Powell o de 1950. Estranhamente não foi laureado o físico japonês Shoichi Sakata [(1911-1970) que desenvolveu trabalho, em 1942, prevendo teoricamente que os mésostrons de Anderson e Neddermeyer seriam produto do decaimento dos mésons de Yukawa], nem também os físicos Giuseppe Occhialini e César Lattes [2].

Após o sucesso da descoberta e da produção artificial do méson pi, Lattes teve sete indicações ao Prêmio Nobel de Física. Em 1949, ele foi indicado por Walter Hill, do Uruguai, que também indicou Eugene Gardner no mesmo ano. Também em 1949, Lattes foi indicado por James Holley Bartlett Jr., dos Estados Unidos, que também indicou Occhialini e Powell. Em 1951, Gleb Wataghin, ex-professor de Lattes na USP, também o indicou ao Prêmio Nobel. Em 1952, 1953 e 1954, Lattes também foi indicado por Leopold

Ruzicka (Nobel de Química de 1939). E, em 1952, ele foi indicado juntamente com Wolfgang Panofsky, por Marcel Schein, em Chicago, Estados Unidos [2,3].

Nas palavras da física e historiadora brasileira Amélia Império Hamburger (1932-2011), professora da USP, sobre Lattes: “Sua trajetória é realmente muito impressionante. Arrasta consigo a física no Brasil” [20]. No entanto, Lattes se achava (sinceramente) menos do que isso. Em 1997, no 50^o aniversário da descoberta do méson pi, em entrevista de sua casa, na cidade de Campinas (SP), por telefone, a um repórter que então trabalhava em Londres, respondeu, ao ser perguntado se mudaria algo em sua vida: “Fiz o possível. Fui arrastado pela história”. Esse modesto “possível” de Lattes – que nunca se disse famoso ou notável, mas apenas notório, apesar de sete indicações ao Prêmio Nobel – fez o que, certamente, parecia impossível, pela física e ciência do Brasil [3].

Em outubro de 1982, Giuseppe Occhialini veio para São Paulo ministrar um colóquio no Instituto de Física da USP (IFUSP). Durante o tempo que ele ficou no IFUSP, o Prof. Mauro Sergio Dorsa Cattani (1942-) conversou muito tempo com ele. Aproveitou a ocasião e tocou no assunto do Prêmio Nobel de Física (PNF) de 1950. Ele disse, então, que na sua vida teve duas mágoas. A primeira, a de não ter recebido o PNF, em 1948, pelos trabalhos que foram feitos na Inglaterra por ele e pelo Prof. Patrick Maynard Stuart Blackett (1897-1974). A justificativa dada foi que ele era o “aluno” e Blackett era o “professor”. A segunda vez, em 1950, quando Powell ganhou sozinho o PNF. A justificativa dada foi que o Powell ganhou pois ele era o líder do Grupo de Bristol, na Inglaterra, onde Occhialini e Lattes eram visitantes. Mas, sorriu e disse para o Prof. Cattani, que ele acreditava que a razão era outra: “como a Inglaterra havia vencido a guerra e a Itália havia perdido a guerra, o italiano foi excluído. O Lattes foi excluído porque era brasileiro, do terceiro mundo” [21].

Nas palavras de Lattes: A descoberta do méson pi teve grande repercussão mundial e o Comitê do Nobel pensou atribuir o PNF de 1950 para Powell, Lattes e Gardner. Entretanto, com a morte prematura de Gardner, em 1950, o PNF de 1950 foi atribuído somente para o Prof. Cecil Frank Powell [21].

13. CÉSAR LATTES EM FAMÍLIA

Por trás do renomado físico brasileiro César Lattes, existia o homem de família dedicado e amoroso. Mesmo imerso em sua intensa vida profissional como cientista, Lattes nunca se distanciou de sua amada esposa Martha Lima de Siqueira Neto e de suas queridas filhas Maria Carolina, Maria Cristina, Maria Lúcia e Maria Tereza. Em cada passo de sua jornada científica, ele carregava consigo o amor e a presença forte que marcavam sua relação com a família. Ele também não poupava esforços para garantir o bem-estar da família e para proporcionar às suas filhas o máximo de acesso ao

conhecimento. Segundo suas filhas, ele valorizava cada conquista delas, mesmo que parecesse trivial aos olhos de outros. Além disso, Lattes cultivava o apreço da família pela cultura brasileira, especialmente pela música, enriquecendo ainda mais o ambiente familiar com arte e sabedoria [22].



Figura 8: César Lattes com a esposa Martha, suas quatro filhas e netos. Fonte: Ref. [23].

14. CONSIDERAÇÕES FINAIS

César Lattes, uma vez famoso, diante da comunidade científica internacional, tendo à frente uma carreira científica promissora, coberta de facilidades e oportunidades de realização, optou, entretanto, por retornar a seu país e usar o capital acumulado de prestígio e fama para enfrentar os problemas de uma sociedade subdesenvolvida [8].

Os primeiros anos que se seguiram à criação do CBPF foram de muito trabalho e grande entusiasmo. Entretanto, logo após o suicídio do presidente Getúlio Vargas, em agosto de 1954, o Brasil entrou num ciclo de crises político-econômicas [8].

A primeira grande decepção de Lattes, após seu retorno ao Brasil, foi ver a crise que atingiu o CBPF em sequência ao gesto do presidente Vargas. O CBPF ficou sem presidente e vice-presidente após aquele acontecimento, perdendo sua interface com a área política. A seguir, mergulhou em problemas orçamentários pela forte inflação que atingia o

país. O CBPF só recobrou o fôlego após a criação do Fundo de Desenvolvimento Técnico-Científico (FUNTEC), do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico (BNDE), já no fim dos anos '60 [8].

Quanto ao uso das emulsões nucleares por Lattes, tínhamos um físico brasileiro com ótimos conhecimentos da técnica, e que havia obtido resultados com repercussão internacional. Assim, o método fotográfico aplicado à física era apropriado à realidade do Brasil, país em que havia se instalado, há pouco, a pesquisa em física de forma sistemática nas universidades e em centros de pesquisa. O referido método além de relativamente simples, era barato [16].

Ao adotar a técnica das emulsões nucleares, parte da comunidade de física no Brasil optou por se especializar no detector, sendo que os aceleradores seriam as grandes máquinas no exterior, ou a própria natureza (radiação cósmica). Essa adoção foi favorecida aqui pelo fato de haver a possibilidade de contratação de mão de obra não especializada em ciência – o técnico sem formação universitária que deveria ser treinado pelos próprios pesquisadores. Além disso, o treinamento dos microscopistas não era nem complicado, nem longo [16].

A técnica das emulsões nucleares nos possibilitou obter resultados importantes, como o modo de decaimento do méson π positivo, o decaimento exótico e os fenômenos exóticos na radiação cósmica. Ela teve como berço o CBPF, de onde saiu para ser empregada em outras universidades brasileiras e na América Latina (principalmente na Argentina e, naturalmente na Bolívia) [16].

A partir da década de 1990, as fontes de verbas para a pesquisa envolvendo emulsões nucleares começaram a se esgotar, até praticamente zerarem. A contratação de técnicos passou a ser por concurso público e com a exigência, em geral, de formação universitária. Assim, à medida que a ciência também se profissionalizava no Brasil, a técnica do uso das emulsões nucleares foi saindo de cena. No entanto, vista através do seu uso por mais de meio século, é possível dizer que foi uma técnica apropriada para a realidade científica brasileira e importante para que a física experimental estabelecesse seu ponto de partida e sua posterior institucionalização neste país [16].

Lattes jamais cobiou posições elevadas na estrutura política de organização da ciência no Brasil, o que teria facilmente conseguido. Ele sempre manteve intocada sua independência para exercer toda crítica com autonomia e altivez – o que sempre conseguiu. Seu castelo foi sempre seu trabalho, suas muralhas as paredes do laboratório e de seu gabinete [8].

Lattes, durante sua vida, observou uma fiel adesão à formulação materialista da ciência e do papel que dentro dela têm a observação e a experiência. No entanto, em seus últimos anos, mesmo antes do falecimento de sua esposa, em 2002, ele revelou-se mais e mais adepto de concepções espiritualistas [8].

Lattes teve em sua esposa Martha uma companheira excepcional. Ela não só praticou a interface com o cotidiano, cobrindo a maioria dos atos necessários à vida, o que, para

quem foi mãe de quatro filhas, já por si representa enorme energia e disposição, mais também lhe garantiu um ambiente de tranquilidade, repleto de atenção, terna amizade e de grande força e solidariedade nos momentos difíceis. Porém, após o falecimento dela, em 2002, a saúde de Lattes, antes aparentemente inabalável aparte as dificuldades neurológicas, passou a manifestar uma sequência de fragilidades novas, reaparecendo sempre com maior frequência e periculosidade até que faleceu, no dia 08 de março de 2005, por insuficiência cardíaca [8].

Em sua homenagem, a maior plataforma de currículos de pesquisadores brasileiros foi batizada de Plataforma Lattes.

REFERÊNCIAS

- [1] Caruso, F., César Lattes, um pioneiro da ciência brasileira. Revista Eletrônica do Vestibular - UERJ, Seção Artigos, Ano 8, n. 23 (2015).
- [2] Bassalo, J. M. F., César Lattes: um dos descobridores do então Méson Pi. Caderno Catarinense de Ensino de Física, v. 7, n. 2, 133-148 (1990).
- [3] Vieira, C. L., César Lattes – Arrastado pela História, 3ª ed. Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas – CBPF, Rio de Janeiro (2019).
- [4] Rezende, D. S., Freitas, A. C., e Pereira, J. S., César Lattes e a descoberta do Méson Pi. XII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN – 25 a 28 de junho de 2019.
- [5] Vieira, C. L., Lattes: Nosso Herói da Era Nuclear. Física na Escola, v. 6, n. 2, 2005.
- [6] Lattes, C., Muirhead, H., Occhialini, G., e Powell, C. F., Nature 159, 694 (1947).
- [7] Pivetta, M., César Lattes: o físico que via além. Pesquisa FAPESP, Edição 340, junho 2024.
- [8] Marques, A., Reminiscências de César Lattes. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 27, n. 3, p. 467-482 (2005).
- [9] Lattes, C., Occhialini, G., e Powell, C. F., Nature 160, 453 (1947).
- [10] Lattes, C., Occhialini, G., e Powell, C. F., Nature 160, 486 (1947).
- [11] Lattes, C., Occhialini, G., e Powell, C. F., Proceedings of the Physical Society of London 61, 173 (1948).
- [12] Tavares, H., Gurgel, I., e Videira, A. A. P., César Lattes e as técnicas de produção e detecção de mésons: a prática científica como objeto histórico. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 42, e20200330 (2020).
- [13] Gardner, E., e Lattes, C., Science 107, 270 (1948).
- [14] Gardner, E., Lattes, C., e Burfening, J., Physical Review, 75 (3), 382 (1949).
- [15] Alcântara, M. C., e Menezes, P. H. D., Viva a ciência brasileira! Beatriz Alvarenga e César Lattes: a física e o seu ensino. A Física na Escola, v. 22, 240201 (2024).
- [16] Vieira, C. L., e Videira, A. A. P., O papel das emulsões nucleares na institucionalização da pesquisa em física experimental no Brasil. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 33, n. 1, 2603 (2011).
- [17] Schmidt, S., César Lattes, 100 anos: Genealogia acadêmica. Pesquisa FAPESP, Edição 340, junho 2024.
- [18] Lattes, C. M. G., Conheça o Lattes do Lattes. CNPq. A Plataforma Lattes. Sistema Currículo Lattes.
- [19] Sugimoto, L., e Gomes, E., A César o que é de Lattes. Jornal da Unicamp, Edição 271, de 25 a 31 de outubro de 2004.
- [20] Hamburger, A. I., César Lattes, físico brasileiro. REVISTA USP, São Paulo, n. 66, p. 132-138, junho/agosto 2005.
- [21] Cattani, M. S. D., e Bassalo, J. M. F., César Lattes, the Discovery of Meson π and the 1950 Nobel Prize in Physics. Publicação do Instituto de Física da USP, 1717 (2019).
- [22] Bueno, C., Além da Ciência: retrato em família de César Lattes. Revista Ciência & Cultura, vol. 76, n. 1, São Paulo, janeiro/março 2024.
- [23] Filho, M. A., Martha, o esteio. Às filhas, o saber. Jornal da Unicamp, Edição 281, de 30 de março a 3 de abril de 2005.



What is the structure of gas phase CoF_4 ? A thermochemical and spectroscopic approach

Robson Fernandes de Farias

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Cx. Postal 1524, 59078-970 Natal-RN, Brasil robdefarias@yahoo.com.br

Abstract. In solid state, CoF_4 exhibits a square planar geometry. But, what is its geometry in the gas phase ? By using a thermochemical approach, combining molecular modeling data, as well as experimental data from the literature, it is demonstrated that CoF_4 in the gaseous state most likely exhibits a tetrahedral structure. Based on infrared and thermochemical data, it is also proposed that in gaseous phase (at least in closed systems, such as the Knudsen cell) a chemical equilibrium between both square planar and tetrahedral geometries can be established.

Keywords: CoF_4 ; gas phase structure; thermochemistry

INTRODUCTION

Thermochemical properties of transition-metal fluorides are of fundamental interest [1]. From the point of view of basic research, the existence of compounds with unusual valence states is of considerable scientific interest, because the achievement of unusual states of oxidation is related to the theories of chemical valence and bonding.

The highest oxidation state of cobalt that has been unambiguously established is V. The tetrafluoride cation $[\text{CoF}_4]^+$ has been identified in the gas phase by mass spectrometry in a reaction between CoF_3 and TbF_4 at higher temperatures and this fact also implies the existence of $\text{Co}^{\text{IV}}\text{F}_4$ in the gas phase [2].

In this connection, the thermochemistry of gas phase cobalt fluorides have been investigated experimentally by using Knudsen cell mass spectrometry [3,4].

Solid state CoF_4 is alpha Po structured and crystallizes in the triclinic P1 space group. The structure is zero-dimensional and consists of two CoF_4 clusters. Co^{4+} is bonded in a square co-planar geometry to four equivalent F1-atoms. All Co–F bond lengths are 1.72 Å [5]. By calculations, it has been obtained to CoF_4 the following parameters: a density of 2.81 g/cm³, an energy band gap of 1.617 eV and the lattice parameters $a = b = c = 6.447$ Å; $\alpha = \beta = 128.546^\circ$ and $\gamma = 75.742^\circ$ [6].

$\text{CoF}_4(\text{g})$ was first detected mass spectrometrically and further mass spectrometric studies [7] provided convincing proof of its existence. Hence, in solid state, CoF_4 exhibits a square planar geometry. But, what is its geometry in the gas phase ?

As will be shown here, by using a thermochemical approach, some interesting insights about the structure of gas phase CoF_4 can be obtained.

METHODOLOGY

The quantum chemical calculations were performed by using Spartan'16 [8]. SE(PM6), approach were employed. The gas phase formation enthalpy was calculated by using the SE-PM6 approach, taking into account its minor computation time consuming and its reliability for calculations involving inorganic systems, including fluorides, as verified for PtF₆ [9], NH₃.NI₃ [10] as well as mercury and silver fulminates [11].

The ionization energy was calculated by using the Spartan T1 thermochemical recipe [8].

Density functional (DFT) DFT ωB97X-D/ 6-31G* basis set was employed to calculate the infrared spectra.

CoF₄ was modelled with both: a square planar (1 unpaired electron) and a tetrahedral geometry (5 unpaired electrons). To the tetrahedral structure a high spin configuration was assumed since according to crystal field theory, despite the ligand force field, all tetrahedral compounds must be high spin, due to the fact that $\Delta_t \sim \Delta_{oct}$.

The gas phase experimental values to the formation enthalpy of gas phase CoF₄ are those from literature [3,4].

RESULTS AND DISCUSSION

In 1993, the enthalpy of formation of the gaseous molecule CoF₄ has been reported as -630 ± 30 kJmol⁻¹ [3] and in 1997, a recalculated value of -649.0 ± 32.3 kJmol⁻¹ was presented [4]. In CoF₄ cobalt is at +4 oxidation state, that is, it exhibits an [Ar] *d*⁵ electron configuration.

As previously said, CoF₄ was modelled with both: a square planar (1 unpaired electron) and a tetrahedral (5 unpaired electrons) geometry.

For such geometries, the calculated $\Delta H_f^{\circ}(g)$ values are -796.6 kJmol⁻¹ and -495.3 kJmol⁻¹, respectively, with a mean value of -646.0 kJmol⁻¹ in very good agreement with the recalculated experimental value of -649.0 ± 32.3 kJmol⁻¹ [4].

It is worth noting that, despite being obtained from experimental data, the enthalpy of formation in the gaseous state for CoF₄ was calculated indirectly, from the enthalpies of formation in gaseous phase of CoF₃ and the enthalpy of the gaseous reaction $\text{CoF}_3 + \frac{1}{2} \text{F}_2 \rightarrow \text{CoF}_4$ [4]. The enthalpy for reaction $\text{CoF}_3 + \frac{1}{2} \text{F}_2 \rightarrow \text{CoF}_4$, in its turn, was previously calculated from standard equilibrium constants by third-law method using the thermodynamic functions for CoF₄, CoF₃ and F₂ [2].

By using MS and FTIR spectroscopy, a study was performed about gaseous cobalt tetrafluoride [7]. From the infrared spectrum of argon-isolated CoF₄ molecules, the Co-F stretching mode has been detected at 767.8 cm⁻¹.

As said earlier, in the present work CoF₄ was modelled with both: a square planar (1 unpaired electron) and a tetrahedral (5 unpaired electrons) geometry. The calculated

infrared spectra (DFT ωB97X-D/ 6-31G*) are shown in Figure 1.

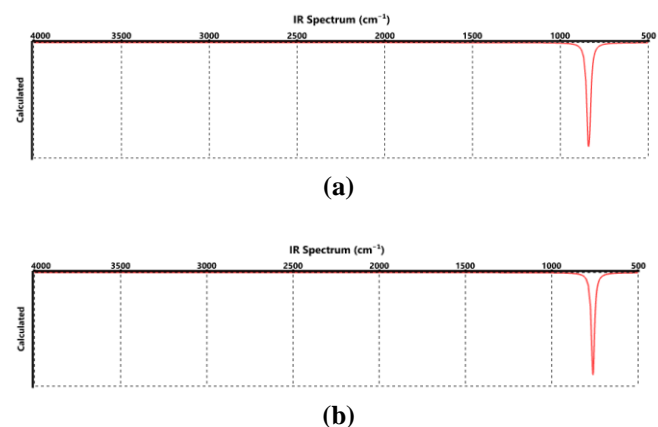


Figure 1. Calculated (DFT ωB97X-D/ 6-31G*) infrared spectra to square planar (a) and tetrahedral (b) gas phase CoF₄.

To the square planar geometry the Co-F stretching mode is a very intense peak at 842 cm⁻¹ whereas to the tetrahedral geometry, the same stretching mode is located at 763 cm⁻¹, in very good agreement with the 767.8 cm⁻¹ experimental value [7]. Hence, based only on the IR spectroscopic data, a tetrahedral structure can be assigned to gaseous CoF₄.

It was verified that the ground state of Co(IV) in CoF₆²⁻ is the low spin ²T₂ [12]. Hence, in the present work, CoF₆²⁻ was modelled as octahedral, with one unpaired electron. The $\Delta H_f^{\circ}(g)$ for such complex ion was calculated (SE-PM6) as -1299.8 kJmol⁻¹. Subtracting, from this value, 870 kJmol⁻¹ (due to breakage of two Co-F bonds = 435 kJmol⁻¹ [13]): $\text{CoF}_6^{2-}(g) \rightarrow \text{CoF}_4(g) + 2\text{F}^-(g)$, a value of -429.8 kJmol⁻¹ is obtained to the gas phase formation enthalpy of CoF₄(g) in good agreement with the -495.3 kJmol⁻¹ calculated (present work) value to the high spin (tetrahedral) CoF₄(g). Once again, a tetrahedral structure to gaseous CoF₄ is supported. However, why is the $\Delta H_f^{\circ}(g)$ calculated for such structure is so far from the reported experimental value [4] ?

Based on the most recently experimental value to CoF₄ $\Delta H_f^{\circ}(g)$ (-649.0 ± 32.3 kJmol⁻¹) [4] and the PM6 mean value calculated in the present work (-646.0 kJmol⁻¹), two hypothesis will be discussed: (a) the geometry for gas phase CoF₄ is some kind of distorted one, “intermediary” between square planar (SP) and tetrahedral (T), a “seesaw” geometry, as shown in Figure 2 and (b) in gaseous phase (at least in closed systems, such as the Knudsen cell employed in the cited experiments [3,4]) a chemical equilibrium between both structures is established, as shown in Figure 3.

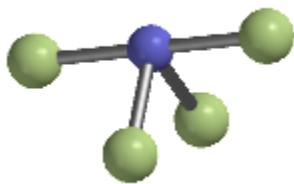


Figure 2. The proposed “intermediary” between square planar (SP) and tetrahedral (T), geometry for gaseous phase CoF_4 .

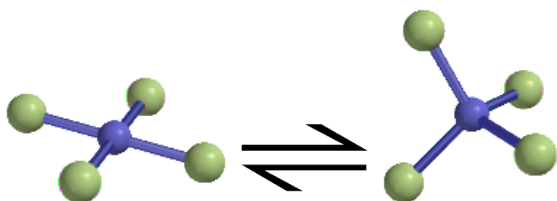


Figure 3. The proposed equilibrium between square planar (SP) and tetrahedral (T) structures for gaseous phase CoF_4 .

Some remarks are necessary here: in the experiment dedicated to obtain the thermochemical data [4] (direct quote): “The CoF_3 sample was loaded into the platinum effusion cell inside the argon atmosphere dry-box, and evaporated at constant temperature. (...); The X-ray powder diffraction pattern showed the residue to be CoF_2 . Ions generated from CoF_4 , F_2 molecules and F atoms were searched for in the mass spectrum, but they were not observed during the experiment.”. In the FTIR experiment [7]: “The Knudsen effusion mass spectrometry method has been applied to investigate the gas-phase composition over the $\text{CoF}_3(\text{s})$ - $\text{TbF}_4(\text{s})$ system and to establish the optimum in situ conditions for CoF_4 synthesis. The electron impact mass spectrum of the CoF_4 molecule has been obtained. From the infrared spectrum of argon-isolated CoF_4 molecules, the Co-F stretching mode has been detected at 767.8 cm^{-1} .”

Hence, using the authors' own words, we can conclude that a positive identification of the CoF_4 molecules was made in the FTIR experiment, but not in the thermochemical one.

Thus, the thermochemical data obtained in the present study, via molecular modeling, help to consolidate a better understanding of the structure of CoF_4 in the gaseous state.

REFERENCES

- [1] R.R. Squires, **Gas-Phase transition-metal negative ion chemistry**, *Chem. Rev.* 87 (3) (1987) 623-646.
- [2] S. Riedel, M. Kaupp, The highest oxidation states of the transition metal elements, *Coord. Chem. Rev.*, 253 (2009) 606–624.
- [3] V.M. Korobov, L.N. Savinova, L.N. Sodorov, Stabilities of CoF_4 and CrF_5 in the gas phase, *J. Chem. Thermodynamics*, 25 (1993) 1161-1168.
- [4] J. V. Rau, N. S. Chilingarov, L. N. Sidorov, Mass Spectrometric Determination of Cobalt Trifluoride Saturated Vapor Pressure. Enthalpy of Formation of Gaseous CoF_4 and CoF_4 , *Rapid Commun. Mass Spectrom.*, 11 (1997) 1977-1979.
- [5] The Materials Project. *Materials Data on CoF_4 by Materials Project*. United States: N. p., 2020. Web. doi:10.17188/1319003.
- [6] <https://materialsproject.org/materials/mvc-13941/#snl>. doi:10.17188/1319003.
- [7] J.V. Rau, S.N. Cesaro, N.S. Chilingarov, G. Balducci, Identification of Gaseous Cobalt Tetrafluoride: MS and FTIR Spectroscopic Studies, *Inorg. Chem.*, 38 (1999) 5695-5697.
- [8] Wavefunction Inc., Irvine, California, USA.
- [9] R.F. de Farias, Computational Gas-Phase Formation Enthalpy and Electron Affinity for Platinum Hexafluoride: Is Gaseous PtF_6 Diamagnetic because of a Relativistic Effect?, *Inorg. Chem.*, 55 (23) (2016) 12126-12127. <https://doi.org/10.1021/acs.inorgchem.6b02618>.
- [10] G.S. Marinho, R.F. de Farias, The structure, thermodynamic instability and energetics of NI_3 , its specific impulse and a strategy for its stabilization, *J. Mol. Struct.*, 1232 (2021) 130075. <https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2021.130075>.
- [11] G.S. Marinho, R.F. de Farias, To a better understanding of silver and mercury fulminates thermochemistry, *Polyhedron*, 212 (2022) 115583. <https://doi.org/10.1016/j.poly.2021.115583>.
- [12] J. W. Quail, G. A. Rivett, Complex Fluorides of Tetravalent Cobalt, *Can. J. Chem.* · February 2011. DOI: 10.1139/v72-394.
- [13] CRC Handbook of Chemistry and Physics 96th ed, CRC Press - Taylor and Francis, Boca Raton, 2016.



Max Planck, o Pai da Física Quântica

José Carlos Teixeira de Oliveira

Departamento de Física, Universidade Federal de Roraima, Campus do Paricarana, Av. Cap. Ene Garcez, 2413, Bairro Aeroporto, 69310-000, Boa Vista-RR. E-mail: jose.oliveira@ufrr.br

Abstract

In this article, we present German physicist Max Planck's revolutionary solution to the blackbody radiation problem through energy quantization. For this contribution, he was considered the father of quantum physics, receiving the Nobel Prize in Physics in 1918.

Keywords: Max Planck; Quantum Physics; Blackbody Radiation; Energy Quantization; Photons.

1. INTRODUÇÃO

No final do século XIX, a maioria dos cientistas acreditava que os principais conceitos e a estrutura teórica da Física, denominada, hoje, de Física Clássica (baseada na Mecânica de Newton, no Eletromagnetismo de Maxwell, e nas Leis da Termodinâmica), estavam praticamente prontos. Com essa estrutura era possível explicar todos os fenômenos físicos conhecidos da época [1,2].

Mas, coube ao físico e matemático britânico William Thomson (1824-1907), mais conhecido como Lorde Kelvin, na introdução de uma palestra, em abril de 1900, afirmar que a Física só não estava encerrada devido a duas questões ainda não resolvidas [1,2].

A primeira delas relacionava-se com a natureza do meio através do qual a luz deveria se propagar.

A segunda questão levantada por Kelvin era ampla, pois envolvia a explicação de pelo menos três fenômenos: (i) As raias espectrais emitidas por fontes luminosas gasosas quando submetidas a descargas elétricas; (ii) A emissão de elétrons por parte de certos materiais quando sobre a sua

superfície incide radiação; e (iii) A emissão de radiação eletromagnética por corpos aquecidos [1].

Resolvidas essas questões, segundo Lorde Kelvin, no campo da Física não haveria fenômenos sem explicação, nem novas descobertas a serem feitas [1].

No entanto, a realidade mostrou-se muito diferente daquela prevista pela maioria dos cientistas. Ao tentarem resolver essas questões levantadas por Kelvin, eles depararam-se com aspectos completamente novos e teorias até então inconcebíveis [1].

2. RADIAÇÃO DO CORPO NEGRO

Voltando-se agora à segunda questão levantada por Lorde Kelvin quanto à emissão de radiação eletromagnética por corpos aquecidos.

Em meados do século XIX, na Alemanha, a indústria siderúrgica desenvolveu-se rapidamente, período chamado, às vezes, de segunda revolução industrial. Foram construídas muitas instalações modernas, e enormes esforços foram feitos para produzir aço de melhor qualidade. O fator mais

importante na produção de aço de primeira qualidade é o controle delicado da temperatura dos altos-fornos. Evidentemente, não podem ser usados os termômetros comuns para a medição de temperaturas tão altas. A fim de contornar esse problema, pesquisas foram feitas no sentido de determinar as temperaturas usando as cores das radiações térmicas emitidas, isto é, mais concretamente, foram analisadas as luzes provenientes dos altos-fornos às diversas temperaturas [3,4].

2.1. Radiação Térmica

A radiação emitida por um corpo devido à sua temperatura é chamada de radiação térmica. Todos os corpos, independentemente dos materiais que os formam, e à temperatura ($T > 0$ K), irradiam energia para o ambiente que os cercam e também absorvem energia que é transportada através das ondas eletromagnéticas, numa grande diversidade de comprimentos de onda. Essa energia é associada às radiações que se originam nas acelerações e desacelerações que acontecem durante a vibração de átomos e moléculas [5].

2.2. Corpo Negro

Em 1859, o físico alemão Gustav Robert Kirchhoff (1824-1887) realizou experimentos relacionados com a absorção e emissão de energia radiante. Nesses estudos, ele descobriu que, quando um corpo absorve certa quantidade de energia, através da incidência de ondas eletromagnéticas, ele a emite em igual quantidade, ou seja, a capacidade ou poder de absorção e emissão são iguais para cada temperatura. A partir desse conhecimento, Kirchhoff introduziu o conceito de emissor e absorvedor ideal, ao qual atribuiu o nome de corpo negro ou radiador ideal [6].

Um corpo negro pode ser idealizado com elevado grau de aproximação, considerando-se um recinto fechado (cavidade) dotado de minúsculo orifício através do qual a radiação entra e fica praticamente aprisionada, sofrendo várias reflexões e absorções nas paredes da cavidade e acaba por ser completamente absorvida (ver Figura 1).

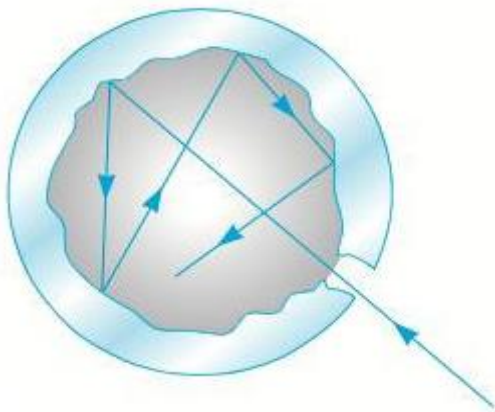


Figura 1: Representação esquemática de um corpo negro. Fonte: Ref. [7].

Suponhamos agora que as paredes da cavidade estejam uniformemente aquecidas a uma temperatura T . Então, há emissão de radiação pelo orifício da cavidade. Portanto, o orifício atua como um emissor de radiação térmica. Como ele deve ter as propriedades da superfície de um corpo negro, a radiação emitida por ele deve ter um espectro de corpo negro.

2.3. Radiância Espectral de um Corpo Negro

A distribuição espectral da radiação de corpo negro é especificada pela quantidade $R_T(\lambda)$, chamada radiância espectral, que é definida como sendo a energia emitida, por unidade de tempo e de área, à temperatura absoluta T e comprimento de onda λ [5].

Com base nos dados experimentais, os cientistas puderam traçar o gráfico da energia irradiada I ou radiância $R_T(\lambda)$, por unidade de tempo e de área da superfície emitente, em função do comprimento de onda λ . O resultado é mostrado na Figura 2, para um corpo negro em três temperaturas diferentes ($T_1 > T_2 > T_3$).

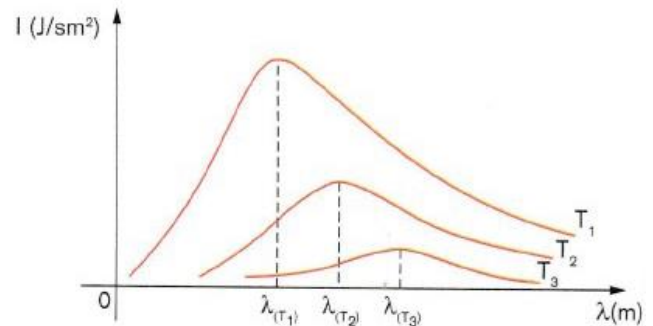


Figura 2: A energia irradiada I de um corpo negro em função do comprimento de onda λ , para três temperaturas diferentes. Fonte: Ref. [1].

Através da Figura 2, observa-se que as formas das curvas experimentais são semelhantes, evidenciando que a energia irradiada máxima em cada curva é maior em temperaturas mais elevadas e comprimentos de onda menores.

3. LEIS FORMULADAS COM A TENTATIVA DE EXPLICAR A DISTRIBUIÇÃO ESPECTRAL DA RADIAÇÃO DE UM CORPO NEGRO

Na época, de posse do gráfico da energia irradiada por um corpo negro em função do comprimento de onda, obtido através dos dados experimentais, os físicos teóricos se esforçaram com o objetivo de ajustar os citados dados experimentais a uma fórmula matemática que expressasse toda a energia emitida em termos dos comprimentos de onda da radiação.

3.1. Lei de Stefan-Boltzmann

Como foi visto na seção 2.3, a radiância espectral R_T cresce rapidamente com o aumento da temperatura. De fato, esse resultado é chamado de Lei de Stefan, e foi anunciado pela primeira vez, pelo físico austríaco Josef Stefan (1835-1893), em 1879, sob a forma da seguinte equação empírica:

$$R_T = \sigma T^4 \quad (1)$$

onde σ é uma constante de proporcionalidade, e T é a temperatura da cavidade. Naquele mesmo ano, tal equação receberia uma explicação teórica, por parte do também físico austríaco Ludwig Boltzmann (1844-1906), sendo até hoje reconhecida por Lei de Stefan-Boltzmann [3,4,8].

3.2. Lei do Deslocamento de Wien

Em 1893, o físico alemão Wilhelm Wien (1864-1928) encontrou uma expressão matemática que descrevia a maneira como a emissão de luz por um corpo negro variava com a temperatura. Ele verificou que, ao aumentar-se a temperatura do corpo negro, o comprimento de onda correspondente ao brilho máximo da luz emitida pelo mesmo, deveria torna-se cada vez mais curto, deslocando-se para a parte violeta do espectro [4,5].

Segundo o trabalho de Wien, as grandezas T e λ eram inversamente proporcionais. Então, chegou-se à equação:

$$\lambda T = \text{constante} \quad (2)$$

a qual é chamada constante de dispersão de Wien, ou simplesmente de constante de Wien, e é igual a $2,897 \times 10^{-3}$ mK. Assim, para o corpo negro, temos a equação:

$$\lambda T = 2,897 \times 10^{-3} \text{ mK} \quad (3)$$

A Lei de Wien informa que para cada temperatura existe um comprimento de onda para o qual a intensidade da radiação emitida é máxima [8].

Em 1896, Wien desenvolveu um trabalho na tentativa de encontrar uma equação adequada para fundamentar teoricamente a curva experimental da radiação de um corpo negro. Ele acreditava que a radiação irradiada pelo corpo negro resultava de oscilações dos átomos existentes nas paredes da cavidade, onde os diferentes comprimentos de onda seriam justificados pelas diferentes frequências de oscilação desses átomos. A equação encontrada dava resultados compatíveis com a experiência na região de pequenos comprimentos de onda (ver Figura 3).

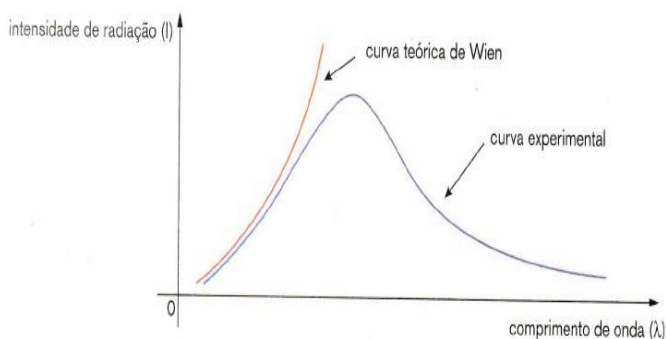


Figura 3: A intensidade de radiação (I) de um corpo negro em função do comprimento de onda λ , contendo a curva teórica de Wien e a curva experimental. Fonte: Ref. [1].

3.3. Lei de Rayleigh-Jeans

Em 1900, o físico e matemático inglês John William Strutt (1842-1919), mais conhecido como Lord Rayleigh, também desenvolveu um trabalho teórico – posteriormente ajustado em alguns pontos pelo também físico inglês James Hopwood Jeans (1877-1946) – com a finalidade de achar uma equação compatível com a curva experimental da radiância. Eles chegaram à seguinte equação:

$$I(\lambda) = 2\pi ckT / \lambda^4 \quad (4)$$

onde c é a velocidade da luz, k é uma constante de proporcionalidade, T é a temperatura da cavidade, e λ é o comprimento de onda [4,5].

O resultado foi que essa equação de Rayleigh-Jeans concordava com a experiência para os comprimentos de onda maiores, enquanto para comprimentos menores a sua curva tendia para o infinito, estabelecendo o que ficou conhecido como catástrofe ultravioleta (ver Figura 4).

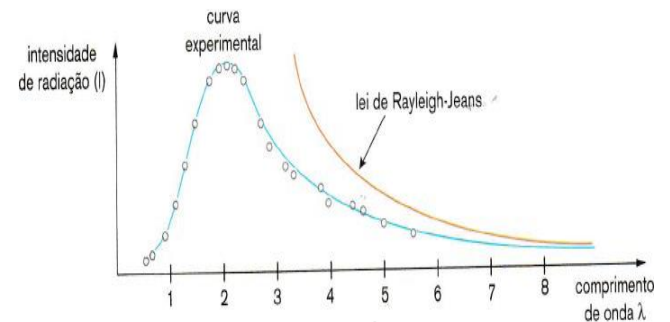


Figura 4: A intensidade de radiação (I) de um corpo negro em função do comprimento de onda λ , contendo a curva teórica de Rayleigh-Jeans e a curva experimental. Fonte: Ref. [1].

4. A SOLUÇÃO DE MAX PLANCK AO PROBLEMA DA DISTRIBUIÇÃO ESPECTRAL DA RADIAÇÃO DE UM CORPO NEGRO

A solução do impasse, ou seja, a equação compatível em toda a extensão da curva experimental do espectro de emissão de um corpo negro foi conseguida, em 1900, pelo físico alemão Max Karl Ernst Ludwig Planck (1858-1947), que vinha tentando resolver o problema desde 1897 (ver Figura 5).

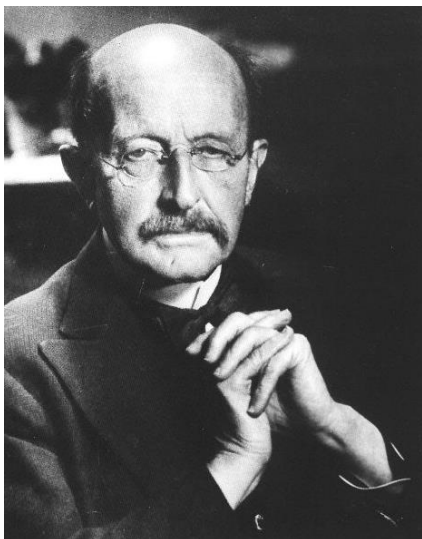


Figura 5: Max Planck. Fonte: Ref. [6].

Na solução do problema, Max Planck introduziu a revolucionária ideia (para a época) de que a energia radiante era emitida proporcionalmente à frequência de vibração dos osciladores eletromagnéticos existentes nas paredes da cavidade do corpo negro, não de maneira contínua (como sugerida pela teoria clássica), mas sim em porções múltiplas de uma quantidade mínima (*quantum*, plural *quanta*) dada por hf , onde h é uma constante de proporcionalidade que posteriormente foi denominada *constante de Planck*, cujo valor é dado por $h = 6,63 \times 10^{-34}$ J.s, e f é a frequência de oscilação da radiação [4,5].

Em outras palavras, segundo Planck, os osciladores vibrantes na frequência f emitem energia E em quantidades *discretas* ou *quantizadas*. A quantidade mínima de energia emitida, ou seja, o *quantum*, seria um pacote de energia hf . Os “pacotes de energia” poderiam assumir valores dados por:

$$E = nhf \quad (5)$$

onde n é um número inteiro positivo (0, 1, 2, 3, 4, ...).

Em 14 de dezembro de 1900, perante à Sociedade de Física de Berlim (Alemanha), Max Planck apresentou o trabalho intitulado: *Sobre a Teoria da Lei de Distribuição de Energia do Espectro Normal*, que introduzia a referida solução do problema da radiação do corpo negro [4-6].

A solução encontrada por Planck, ao resolver a questão da radiação do corpo negro, considerando que a energia é *quantizada*, permitiu explicar outros fenômenos físicos a nível microscópico. Por essa razão, a data 14 de dezembro de 1900 é considerada o marco divisório entre a Física Clássica e a Física Quântica.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar de 1900 ser considerado o ano de nascimento da física quântica, a ideia revolucionária dos *quanta* de energia não despertou nenhuma atenção nos quatro anos seguintes. A ideia só ganhou credibilidade, em 1905, com o trabalho do físico alemão Albert Einstein (1879-1955) introduzindo a hipótese dos *quanta* de luz (fótons) para explicar com sucesso o efeito fotoelétrico (emissão de elétrons por uma superfície, geralmente metálica, quando exposta a uma radiação eletromagnética com certa frequência) [6].

No entanto, só um quarto de século mais tarde, foi que a mecânica quântica moderna, base de nossa concepção atual da natureza, tenha sido desenvolvida pelo físico austríaco Erwin Schrödinger (1887-1961) e outros.

Vale salientar que a mecânica quântica não se reduz, apenas, à *quantização* da energia; por exemplo, outras quantidades podem ser *quantizadas*, como o momento angular, no modelo atômico do físico dinamarquês Niels Bohr (1885-1962).

Por ter solucionado o problema da radiação do corpo negro, *quantizando* a energia, Max Planck é considerado o pai da física quântica. Ele foi laureado com o Prêmio Nobel de Física, em 1918, em reconhecimento aos serviços que prestou ao avanço da Física com sua descoberta dos *quanta* de energia.

REFERÊNCIAS

- [1] Bonjorno, J. R. et al., Física: Eletromagnetismo e Física Moderna, vol. 3, 1ª edição, São Paulo: Editora FTD, 2010.
- [2] Barreto, B. e Silva, C., Física aula por aula: Eletromagnetismo, e Física Moderna, vol. 3, 3ª edição, São Paulo: Editora FTD, 2016.
- [3] Osada, J., Evolução das ideias da física. Edgard Blücher, Editora da Universidade de São Paulo, 1972.
- [4] Rocha, J. F. M. et al., Origens e evolução das ideias da física. Editora da Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2002.
- [5] Eisberg, R. e Resnick, R., Física Quântica: Átomos, Moléculas, Sólidos, Núcleos e Partículas. Editora Campus, Rio de Janeiro, 1979.
- [6] Studart, N., A Invenção do Conceito de Quantum de Energia segundo Planck. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 22, n. 4, 523 (2000).
- [7] Schneider, R., Radiação de corpo negro. Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (PIBID) – FÍSICA, Universidade Federal de Pelotas, Rio Grande do Sul, 2020.
- [8] Feldens, B., Dias, P. M. C. e Santos, W. M. S., E assim se fez o quantum... Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 32, n. 2, 2602 (2010).