

Alimento, Nutrição e Saúde 4

Givanildo de Oliveira Santos
(Organizador)



Atena
Editora
Ano 2020

Alimento, Nutrição e Saúde 4

Givanildo de Oliveira Santos
(Organizador)



Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



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

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

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
Prof^ª Dr^ª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof^ª Dr^ª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves -Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof^ª Dr^ª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Prof^ª Dr^ª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof^ª Dr^ª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof^ª Dr^ª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia
Prof^ª Dr^ª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas
Prof^ª Dr^ª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof^ª Dr^ª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará
Prof^ª Dr^ª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^ª Dr^ª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino
Prof^ª Dr^ª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof^ª Dr^ª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^ª Dr^ª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Prof^ª Dr^ª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof^ª Dr^ª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof^ª Dr^ª Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Prof^ª Dr^ª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Dr. Adailson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliariari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás

Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Alborno – University of Miami and Miami Dade College
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Profª Drª Livia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior

Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará

Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco

Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal

Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba

Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão

Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo

Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana

Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí

Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo

Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Maria Alice Pinheiro
Correção: David Emanuel Freitas
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizador: Givanildo de Oliveira Santos

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

A411 Alimento, nutrição e saúde 4 / Organizador Givanildo de Oliveira Santos. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2020.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-652-2

DOI 10.22533/at.ed.522200312

1. Alimentação sadia. 2. Saúde. 3. Nutrição. I. Santos, Givanildo de Oliveira (Organizador). II. Título.

CDD 613.2

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos.

APRESENTAÇÃO

O presente livro “Alimento, Nutrição e Saúde 4” está composta por 17 capítulos com vasta abordagens temáticas. Durante o desenvolvimento dos capítulos desta obra, foram abordados assuntos interdisciplinar, na modalidade de artigos científicos, pesquisas e revisões de literatura capazes de corroborar com o desenvolvimento científico e acadêmico.

O objetivo central desta obra foi descrever as principais pesquisas realizadas em diferentes regiões e instituições de ensino no Brasil, dentre estas, cita-se: a caracterização físico-química de frutos, desenvolvimento de novos alimentos, análise sensorial, segurança alimentar, nutrição funcional, utilização de plantas medicinais com o objetivo de melhorar os teores de nutrientes e possíveis efeitos sobre o emagrecimento, análises físico-química e microbiológicas. São conteúdos atualizados, contribuindo para o desenvolvimento acadêmico, profissional e tecnológico.

A procura por alimentos que contribuem para o bem-estar e prevenção de patologias do indivíduo aumentou-se nos últimos anos. Deste modo, a tecnologia de alimentos deve acompanhar a área da nutrição com o objetivo de desenvolver novos produtos que atendam a este público. No entanto, é preocupante o grande número de pessoas que buscam realizar “dietas” sem devido acompanhamento profissional, colocando em risco a sua saúde.

O livro “Alimento, Nutrição e Saúde 4” descreve trabalhos científicos atualizados e interdisciplinar em alimentos, nutrição e saúde. Resultados de pesquisas com objetivo de oferecer melhores orientações nutricionais, e alimentos que possam contribuir para melhorar a qualidade de vida dos consumidores, obtendo uma alimentação saudável e prevenindo de possíveis patologias.

Desejo a todos (as) uma boa leitura.

Givanildo de Oliveira Santos

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

CARACTERIZAÇÃO E QUALIDADE DE FRUTOS DE CAJARANA (SPONDIAS DULCIS PARKINSON) PROVENIENTES DO OESTE DA BAHIA

Andréia Rocha Dias Guimarães

Ana Maria Mapeli

Katycyca Veloso Leão

Lucinéia Cavalheiro Schneider

DOI 10.22533/at.ed.5222003121

CAPÍTULO 2..... 11

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE FRUTOS DE BACUPARI, *SALACIA CRASSIFOLIA* (MART. EX SCHULT.) G. DON, PROVENIENTES DO MUNICÍPIO DE BARREIRAS –BA

Lucinéia Cavalheiro Schneider

Katycyca Veloso Leão

Luciana Lucas Machado

Andréia Rocha Dias Guimarães

DOI 10.22533/at.ed.5222003122

CAPÍTULO 3..... 21

CHOCOLATE COM ALTA CONCENTRAÇÃO DE CACAU, INCORPORADOS COM ÁCIDOS TRITERPÊNICOS: DESENVOLVIMENTO, AVALIAÇÃO E ENSAIO CLÍNICO

Talita Batista Matos

Maria Patrícia Milagres

Daniel Melo Silva

Ivan de Oliveira Pereira

Ludimila Mascarenhas Senhorinho

Antônio Euzébio Goulart Sant'ana

DOI 10.22533/at.ed.5222003123

CAPÍTULO 4..... 38

DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DA ACEITAÇÃO SENSORIAL DE RECEITAS ADAPTADAS PARA INDIVÍDUOS DIABÉTICOS

Ana Raquel Eugênio Costa Rodrigues

Marina Cabral Rebouças

Isabelle Furtado Silva Cruz

Camila Pinheiro Pereira

Ana Carolina Cavalcante Viana

Lorena Taúsz Tavares Ramos

Priscila da Silva Mendonça

Priscila Taumaturgo Holanda Melo

Brenda da Silva Bernardino

Fábia Karine de Moura Lopes

Lívia Torres Medeiros

Francisca Isabelle da Silva e Sousa

DOI 10.22533/at.ed.5222003124

CAPÍTULO 5.....	52
INFLUÊNCIAS DE CULTIVARES E SISTEMAS DE PRODUÇÃO SOBRE TEORES DE NUTRIENTES, PROTEÍNA, METILXANTINAS E TANINOS EM FOLHAS DE GUARANAZEIRO E POTENCIAL PARA A INDÚSTRIA	
Lucio Pereira Santos Flávia Camila Schimpl Enilson de Barros Silva Géssica Aline Nogueira dos Santos José Ferreira da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.5222003125	
CAPÍTULO 6.....	69
NÍVEL DE (IN)SEGURANÇA ALIMENTAR DE USUÁRIOS DE DOIS CENTROS DE REFERÊNCIA DE ASSISTÊNCIA SOCIAL EM MACEIÓ, AL	
Jarlane Gomes da Silva Mayara Marisa da Silva Dias Maria de Lourdes da Silva Gomes de Azevedo	
DOI 10.22533/at.ed.5222003126	
CAPÍTULO 7.....	77
AVALIAÇÃO DA EFICÁCIA DA HIGIENIZAÇÃO DE MÃOS DE PERMISSIONÁRIOS COMERCIANTES DE PESCADOS EM FEIRAS LIVRES	
Lays Emanuelle de França Gonçalves Renata Amanda Carneiro Aguiar Gilmara do Nascimento Inácio Georgia Maciel Dias de Moraes Leiliane Teles César Francisca Joyce Elmiro Timbó Andrade Daniele Maria Alves Teixeira Sá Mirla Dayanny Pinto Farias	
DOI 10.22533/at.ed.5222003127	
CAPÍTULO 8.....	89
CONDIÇÕES HIGIÊNICAS EM RESTAURANTES SELF-SERVICE DO TIPO CHAPÃO	
Andrieli Teixeira Corso Carla Cristina Bauermann Brasil	
DOI 10.22533/at.ed.5222003128	
CAPÍTULO 9.....	109
ANÁLISE SENSORIAL DE “IOGURTE” DE SOJA FERMENTADO COM MICROORGANISMOS PROBIÓTICOS E SABORIZADA COM POLPAS DE FRUTAS	
Carla Fabiana da Silva Wiliana Vanderley de Lima Jamesson dos Santos Celestino Olga Martins Marques	
DOI 10.22533/at.ed.5222003129	

CAPÍTULO 10.....	115
CONJUNTURA ATUAL E PERSPECTIVAS PARA O MELHORAMENTO GENÉTICO DE LÚPULO (<i>HUMULUS LUPULUS L.</i>) NO BRASIL	
Fabio Calixto dos Santos	
Marcio dos Santos	
Cezário Ferreira dos Santos Junior	
Luan Tiago dos Santos Carbonari	
DOI 10.22533/at.ed.52220031210	
CAPÍTULO 11.....	126
NUTRIÇÃO FUNCIONAL: A FIBRA DE <i>PSYLLIUM</i> E SEUS BENEFÍCIOS NA GLICEMIA	
Alisson Guilherme Pacagnan Claro	
Isabelly Rodrigues Morales	
Rosangela de Jesus Luiz	
Cássia Regina Bruno Nascimento	
DOI 10.22533/at.ed.52220031211	
CAPÍTULO 12.....	133
NUTRITIONAL, BIOCHEMICAL AND SPERM PARAMETERS OF RATS SUBMITTED TO FOOD SUPPLEMENTATION WITH PERUVIAN MACA	
Thaisy Steil	
Camila Thaís de Andrade	
Monica Oss-Emer	
Ana Carolina Zebral Bento	
Sandra Soares Melo	
Rafael Alonso Salvador	
Vera Lúcia Lângaro Amaral	
DOI 10.22533/at.ed.52220031212	
CAPÍTULO 13.....	148
ABASTECIMENTO ENERGÉTICO CELULAR: UMA VISÃO INTEGRATIVA DO METABOLISMO E SUAS IMPLICAÇÕES NUTRICIONAIS	
Bruno César Fernandes	
Diego Bezerra de Souza	
Flávio Henrique Souza de Araújo	
Jaqueline Bernal	
Luis Henrique Almeida Castro	
Mariella Rodrigues da Silva	
Raquel Borges de Barros Primo	
DOI 10.22533/at.ed.52220031213	
CAPÍTULO 14.....	159
PLANTAS MEDICINAIS QUE AUXILIAM NO EMAGRECIMENTO	
Diana Manoela Cordeiro Silva	
Severina Rodrigues de Oliveira Lins	
DOI 10.22533/at.ed.52220031214	

CAPÍTULO 15.....	168
ELABORAÇÃO DE JOGOS EDUCATIVOS PARA APLICAÇÃO EM SERVIÇOS DE ALIMENTAÇÃO COLETIVA: UMA FORMA LÚDICA DE ARTICULAR SAÚDE, CIÊNCIA E TECNOLOGIA	
Ana Raquel Silveira Gomes de Britto Avelino Ingridy Teixeira Moreira Camila Rocha Barbosa Monteiro Ana Patrícia Oliveira Moura Lima	
DOI 10.22533/at.ed.52220031215	
CAPÍTULO 16.....	172
SEGURANÇA ALIMENTAR E NUTRICIONAL DAS CRIANÇAS DE UMA ESCOLA NA CIDADE DE FORTALEZA – CE	
Ana Raquel Silveira Gomes de Britto Avelino Sherida da Silva Neves Patrícia Teixeira Limaverde	
DOI 10.22533/at.ed.52220031216	
CAPÍTULO 17.....	177
“ANÁLISES DO LEITE IN NATURA COMERCIALIZADOS NA CIDADE DE URUAÇU – GO”	
Antônio Zenon Antunes Teixeira Fernanda Pereira Pippi	
DOI 10.22533/at.ed.52220031217	
SOBRE O ORGANIZADOR.....	188
ÍNDICE REMISSIVO.....	189

ABASTECIMENTO ENERGÉTICO CELULAR: UMA VISÃO INTEGRATIVA DO METABOLISMO E SUAS IMPLICAÇÕES NUTRICIONAIS

Data de aceite: 01/11/2020

Data de submissão: 07/11/2020

Bruno César Fernandes

Empresa Brasileira de Serviços Hospitalares,
EBSERH, HU-UFGD
Dourados – Mato Grosso do Sul
<https://orcid.org/0000-0002-1147-8224>

Diego Bezerra de Souza

Universidade Católica Dom Bosco (UCDB) –
Mestrado em Desenvolvimento Local
Campo Grande – Mato Grosso do Sul
<https://orcid.org/0001-0001-75438697>

Flávio Henrique Souza de Araújo

Fundação Universidade Federal da Grande
Dourados – UFGD
Programa de Pós-Graduação em Ciências da
Saúde – Doutorado / UFGD
Grupo de Pesquisa Biologia Aplicada à Saúde
Dourados – Mato Grosso do Sul
<https://orcid.org/0000-0003-1282-3162>

Jaqueline Bernal

Empresa Brasileira de Serviços Hospitalares,
EBSERH, HU-UFGD
Dourados – Mato Grosso do Sul
<https://orcid.org/0000-0002-5909-8319>

Luis Henrique Almeida Castro

Fundação Universidade Federal da Grande
Dourados – UFGD
Programa de Pós-Graduação em Ciências da
Saúde – Doutorado / UFGD
Grupo de Pesquisa Biologia Aplicada à Saúde
Dourados – Mato Grosso do Sul
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5150361516928127>

Mariella Rodrigues da Silva

Empresa Brasileira de Serviços Hospitalares,
EBSERH, HU-UFGD
Dourados – Mato Grosso do Sul
<https://orcid.org/0000-0003-1649-0094>

Raquel Borges de Barros Primo

Fundação Universidade Federal da Grande
Dourados – UFGD
Programa de Pós-Graduação em Ciências da
Saúde – Doutorado / UFGD
Grupo de Pesquisa Biologia Aplicada à Saúde
Dourados – Mato Grosso do Sul
<http://lattes.cnpq.br/1100475265608999>

RESUMO: A maioria das células animais é capaz de satisfazer suas necessidades energéticas a partir da oxidação de vários tipos de compostos: açúcares, ácidos graxos, aminoácidos, mas alguns tecidos e células de nosso corpo dependem exclusivamente da glicose e o cérebro é o maior consumidor de todos. É por isso que o organismo tem mecanismos para manter os níveis de glicose estáveis. A degradação do glicogênio hepático, que mantém os níveis apropriados de glicose no sangue, permite que sua captura continue por esses tecidos, mesmo em tempos de ausência de ingestão de alimentos. Mas esta reserva é limitada, portanto, outra via metabólica é acionada para a produção de glicose, que ocorre nos rins e no fígado e é chamada gluconeogênese. Este texto propõe narrar os estágios de controle e mecanismos de ação deste aspecto crucial do metabolismo energético de modo a fornecer ao leitor o panorama bioquímico e as implicações nutricionais da neo-síntese glicídica.

PALAVRAS - CHAVE: energia, metabolismo, carboidrato, glicídeo, nutrição.

CELLULAR ENERGY SUPPLY: AN INTEGRATIVE VIEW OF METABOLISM AND ITS NUTRITIONAL IMPLICATIONS

ABSTRACT: Most animal cells are able to meet their energy needs from the oxidation of various types of compounds: sugars, fatty acids, amino acids, but some tissues and cells in our body depend exclusively on glucose and the brain is the largest consumer of all. That's why the body has mechanisms to keep glucose levels stable. The degradation of hepatic glycogen, which maintains the appropriate levels of glucose in the blood, allows its capture to continue through these tissues, even in times of absence of food intake. But this reserve is limited, therefore, another metabolic route is triggered for the production of glucose, which occurs in the kidneys and liver and is called gluconeogenesis. This text proposes to narrate the stages of control and mechanisms of action of this crucial aspect of energy metabolism in order to provide the reader with the biochemical overview and the nutritional implications of glycidic neo synthesis.

KEYWORDS: energy, metabolism, carbohydrate, glycide, nutrition.

1 | INTRODUÇÃO

A maioria das células de animais é capaz de suprir suas necessidades energéticas a partir da oxidação de vários tipos de compostos: açúcares, ácidos graxos, aminoácidos, porém alguns tecidos e células do nosso organismo depende exclusivamente de glicose e o cérebro é o maior consumidor de todos. Por isso o organismo dispõe de mecanismos a fim de manter os níveis de glicose estável. A medida que esta diminui ocorre a degradação do glicogênio hepático que mantém os níveis adequados de glicose sanguínea possibilitando sua captação contínua por aqueles tecidos, mesmo em tempos de ausência da ingestão de alimentos. Porém esta reserva é limitado, então outra via metabólica é acionada para a produção de glicose, esta ocorre nos rins e fígado e é chamada de gliconeogênese, que significa a síntese de glicose a partir de compostos não glicídicos como aminoácidos, lactato e glicerol (DEVLIN, 1998; EXTON, 1972; NELSON & COX, 2002).

A maioria das etapas da gliconeogênese utiliza das mesmas enzimas da glicólise, porém faz o sentido inverso e se diferencia em três etapas ou também chamados de desvios: o primeiro é na conversão de piruvato a oxaloacetato e de oxaloacetato em fosfoenolpiruvato. O segundo desvio é a conversão de frutose 1,6 bifosfato em frutose 6 fosfato e o terceiro e último desvio é a conversão de Glicose 6 fosfato em Glicose (NELSON & COX, 2002).

O controle da gliconeogênese é feito pelo glucagon que estimula e pela insulina que inibe. A glicólise e a gliconeogênese são reguladas de forma recíproca por alosterismo e modificações covalentes para impedir a operação improdutiva das duas vias ao mesmo tempo. A fosforilação oxidativa é o estágio final da cadeia respiratória e é a fase em que se produz maior energia. É a principal fonte de ATP nos organismos heterotróficos em

condições aeróbicas. Todas as etapas oxidativas de degradação convergem pra esse estagio no qual a energia proveniente da oxidação faz a síntese de ATP (NELSON & COX, 2002).

A fosforilação ocorre nas cristas mitocondriais e na membrana destas cristas possui vários complexos que envolvem a redução de O₂ em H₂O com elétrons vindos a partir do NADH e FADH₂ e formando gradiente quimiosmótico para a produção de ATP. São quatro complexos associados a grupos prostéticos diferentes e ainda dois componentes móveis que fazem a transferência de elétrons. A ATP sintase pode ser chamada de complexo V; este faz a catalise da síntese de ATP através da energia do gradiente de prótons (DEVLIN, 1998; EXTON, 1972; NELSON & COX, 2002).

2 | GLICONEOGÊNESE

Gliconeogênese é a síntese líquida ou a formação de glicose a partir de substratos que não sejam carboidratos, é também chamada de gliconeogênese. Vários aminoácidos, lactato, piruvato, propionato e glicerol são fontes de carbono para essa via. É importante ressaltar que a glicose pode ser produzida a partir da frutose, carboidrato (HATTING, 2018; YAN et al, 2019).

A utilização do glicogênio para a síntese de glicose 6-fosfato deve ser diferenciada da gliconeogênese e é chamada de glicogenólise. A glicogenólise refere-se à quebra do glicogênio em glicose, portanto, não correspondendo à síntese de nova glicose (HATTING, 2018; YAN et al, 2019).

A gliconeogênese é importante em níveis estáveis. Pois níveis de glicose no sangue devem ser mantidos para suportar o metabolismo de tecidos que a utilizam como substrato primário; tais como cérebro, eritrócitos, medula renal, cristalino, córnea e testículos. A gliconeogênese permite, assim, a manutenção dos níveis sanguíneos de glicose muito tempo depois de toda a glicose da dieta ter sido absorvida e completamente oxidada, e de toda a glicose armazenada como glicogênio ter sido usada (MARZZOCO & TORRES, 2007; NELSON & COX, 2002).

A maior parte da neoglicogênese é desenvolvida pelo fígado em condições de jejum, em que não há mais glicogênio suficiente para a lise de glicose (glicólise). O outro órgão responsável em menor parte pela síntese de glicose por compostos anglicanos é o córtex renal (HEMS et al, 1966).

É importante lembrar que a glicólise torna-se irreversível, ou seja, impede que seus substratos finais possam seguir as vias para a conversão de nova glicose. Em seres vivos, essa irreversibilidade ocorre de três maneiras (todas utilizando calor liberado pelo consumo de energia do carboidrato) e são: a conversão de glicose em glicose 6-fosfato pela hexoquinase, a fosforilação da frutose 6-fosfato em frutose 1,6-bisfosfato pela fosfofrutoquinase-1 e a conversão de fosfoenolpiruvato em piruvato pela piruvato quinase.

Assim, a neoglicogênese trabalha com auxílio de enzimas que trabalham por outras vias (MADIRAJU et al, 2018; HATTING, 2018).

Várias enzimas são utilizadas como catalisadores, auxiliando na transformação de substratos do metabolismo glicolítico em nova glicose. A maioria das reações que sintetizam a glicose in vivo atuam com suas enzimas de maneira inversa à glicólise, é o caso, por exemplo, da piruvato carboxilase e fosfoenolpiruvato carboxiquinase (HATTING, 2018).

Dentro da gliconeogênese existem dois ciclos envolvidos entre tecidos, geralmente a síntese de glicose hepática que a libera para tecidos periféricos.

São os ciclos: de Cori, também chamado de ciclo glicose-lactato, e o ciclo da alanina, ou ciclo glicose-alanina. Ambos são fornecedores de glicose, suprimindo continuamente os tecidos que necessitam dela como sua principal fonte energética. Portanto, é essencial que os tecidos periféricos forneçam o lactato e a alanina como metabólitos de extração energética a partir da glicose (HATTING, 2018).

2.1 Ciclo de Cori

Também conhecida como a via glicose-lactato-glicose, utiliza o lactato produzido nos músculos, durante a privação de oxigênio desse tecido, como substrato para a conversão de glicose.

A atividade muscular intensa utiliza o glicogênio reservado no tecido como fonte de energia via glicólise muscular. A partir da glicólise muscular, a glicose fornece energia em forma de ATP convertendo-se em piruvato. Quando o suprimento de oxigênio molecular é suficiente para a oxidação do piruvato, o produto é a liberação de água e CO₂. Porém, durante intensa atividade física, a distribuição de oxigênio para o tecido muscular pode facilmente tornar-se escassa, havendo a necessidade de energia (ATP) independente de oxigênio. Assim, o piruvato para ser reduzido, utiliza a catálise da enzima piruvato-desidrogenase, favorecendo a formação de lactato. Este lactato acumula-se no tecido muscular sobre forma de ácido láctico e difunde-se através da corrente sanguínea até o fígado, onde é metabolizado em glicose (MADIRAJU et al, 2018; MARZZOCO & TORRES, 2007; NELSON & COX, 2002).

Um importante fator sobre a conversão do lactato, proveniente do ácido láctico em glicose, é que a própria conversão utiliza a energia do trifosfato de adenosina, ou seja, o oxigênio é envolvido no processo de fosforilação oxidativa do ADP em ATP. Este é um fator importante, pois explica a respiração acelerada após a intensa atividade física, captando oxigênio para a transformação do lactato em glicose, e então, de volta em glicogênio nos músculos, portanto via glicose-lactato-glicose (MADIRAJU et al, 2018; MARZZOCO & TORRES, 2007; NELSON & COX, 2002).

2.2 Ciclo da Alanina

Com exceção da leucina e da lisina, todos os aminoácidos podem fornecer carbono para a síntese de glicose quando catabolizados em piruvato e oxaloacetato. O ácido

2-aminopropanóico, comumente chamado de alanina, é um dos aminoácidos mais simples, pois não contém anéis benzênicos. Varia de outros aminoácidos pelo seu grupo metil ligado ao carbono α , assim apresentando caráter hidrofóbico. O ácido pirúvico é produto final da reação de glicólise, e em meio aquoso dissocia-se em piruvato, importante nos processos metabólicos. Quando um grupo amina liga-se ao piruvato, em seres vivos, ocorre a síntese de alanina. O piruvato é facilmente convertido em oxaloacetato pela enzima piruvato carboxilase, catalisador que na gliconeogênese inverte o fluxo de carbonos (MADIRAJU et al, 2018; MARZZOCO & TORRES, 2007; NELSON & COX, 2002).

2.3 Gliconeogênese de Ácidos Graxos

Outra forma possível do organismo suprir a demanda energética por glicose na falta da mesma se dá pela via lipídica, na qual ácidos graxos serão convertidos em glicose dependendo de uma série de fatores limitantes das reações que compõe este processo metabólico.

O primeiro destes fatores limitantes se deve ao fato de que, em sua maioria, os ácidos graxos disponíveis no organismo são constituídos por um número par de carbonos; neste caso seu catabolismo oxidativo dará origem ao acetil CoA que, por sua vez, poderá ou gerar compostos cetônicos ou seguir na via do ciclo do ácido cítrico. Em ambos os casos não se formam intermediários da gliconeogênese impedido sua ocorrência (EXTON, 1972; HEMS et al, 1966).

Ácidos graxos constituídos por um número ímpar de carbonos, porém, ou que tenham em sua ramificação um grupamento metil são metabolizados em um forte intermediário da gliconeogênese: o propionil CoA que pode ser convertido em oxaloacetato produzindo, ao final do ciclo, $\frac{1}{2}$ molécula de glicose (EXTON, 1972; HEMS et al, 1966).

Muitas vezes diz-se, erroneamente de maneira genérica, que “gordura” não entra na via da gliconeogênese; porém, não se leva em conta nesta afirmativa que boa parte da gordura presente no organismo se encontra armazenada no tecido adiposo na forma de triacilglicerol e que o metabolismo deste produz outro intermediário absoluto desta via: o próprio glicerol.

O glicerol gerado na lise da molécula de gordura do tecido adiposo pela ação da glicerol quinase se fosforila em glicerol 3-fosfato que, por sua vez, é desidrogenado pela glicerol 3-fosfato desidrogenase em di-hidroxiacetona fosfato que, dependendo do estado nutricional do indivíduo, poderá ser convertido em lactato e seguir pela gliconeogênese ou clivado em piruvato seguindo pela via oxidativa até CO_2 e H_2O (EXTON, 1972; HEMS et al, 1966).

2.4 Controle

O controle da gliconeogênese pode ser feito por três mecanismos: *feed back* negativo (os produtos da reação inibindo seu start automaticamente), por inibição alostérica (inibidores programados inativando as enzimas participantes do processo), e por regulação

hormonal sendo este último o enfoque deste trabalho (EXTON, 1972; HEMS et al, 1966).

Os dois hormônios participantes na regulação desta via são a insulina e o glucagon. Ambos produzidos pela porção endócrina do pâncreas nas células beta e alpha pancreáticas (respectivamente), são opostos da via do metabolismo energético sendo o primeiro catabólico e o segundo anabólico em segunda estância uma vez que primariamente estimula a glicogenólise.

Quando o organismo se encontra em situações regulares em termos de taxa glicêmica ambos competem entre si sobre suas ações sendo secretados em porções mínimas. Uma vez esta taxa em níveis elevados (indicado grande aporte alimentar) o pâncreas é estimulado por uma série de fatores químicos, físicos e hormonais e a secretar a insulina que será responsável por deslocar o metabolismo para a glicólise ativando os transportadores membranaís GLUT 4 a capturar ao citosol a glicose disponível na corrente sanguínea (EXTON, 1972; HEMS et al, 1966).

Do contrário – taxa glicêmica baixa – estes mesmos fatores estimulam o pâncreas a secretar glucagon. Este será responsável por sequenciar o start primeiramente da glicogenólise deslocando o metabolismo energético para o consumo do glicogênio armazenado no fígado e nos músculos; uma vez este estoque muscular e visceral esgotado e, ainda havendo demanda glicídica, o mesmo permanece circulante na corrente sanguínea estimulando a gliconeogênese a partir dos triacilgliceróis armazenados no tecido adiposo subcutâneo. Em último caso – indivíduos com desnutrição muito acentuada – pode ocorrer ainda a proteólise estimulando a neo-síntese glicídica a partir de aminoácidos como a alanina pelo ciclo de Cori (EXTON, 1972; HEMS et al, 1966; PERRY et al, 2020).

2.5 Hipoglicemia e Intoxicação Alcoólica

O consumo excessivo de álcool principalmente por pessoas subnutridas pode causar hipoglicemia. A hipoglicemia é um efeito inibitório do álcool sobre a gliconeogênese hepática, o fígado fica incapaz de lidar com os equivalentes de redução formados pela oxidação etanol e ocorre um desvio metabólico. Estes equivalentes em vez de converter lactato em glicose fazem conversão de alanina em lactato, ocorrendo um acúmulo excessivo de lactato no sangue, e acidose láctica pode se desenvolver, embora seja geralmente leve (PERRY et al, 2020; MADIRAJU et al, 2018; MARZZOCO & TORRES, 2007).

O consumo de álcool pode levar a uma perda de desempenho motor e intelectual, estupor e anestesia. A hipoglicemia também contribui para estes efeitos, ou seja, a pessoa está realmente embriagada quando sua glicemia está baixa e podendo levar a lesões irreversíveis ao sistema nervoso central.

2.6 Hipoglicemia em Crianças Prematuras

A glicose é o maior substrato para o metabolismo cerebral e o cérebro é o órgão primário na utilização da glicose, sendo que o tamanho do cérebro é o principal determinante

da produção da glicose.

Recém-nascidos prematuros e pequenos para a idade gestacional são mais suscetíveis à hipoglicemia do que crianças nascidas a termo, ou com tamanho certo para idade. Crianças em geral são também bastante suscetíveis do que adultos, simplesmente porque têm maiores razão peso do cérebro/corpo e o cérebro utiliza quantidades desproporcionalmente maiores de glicose do que o resto do corpo. Crianças recém-nascidas têm capacidade limitada de cetogênese, aparentemente porque o transporte de ácidos graxos de cadeia longa para dentro de mitocôndrias hepáticas é pouco desenvolvido. Como o uso de corpos cetônicos pelo cérebro é diretamente proporcional à concentração de corpos cetônicos circulantes, o neonato é incapaz de economizar glicose em quantidade significativa pelo uso de corpos cetônicos. Assim, o cérebro de neonato depende exclusivamente da glicose proveniente da glicogenólise e gliconeogênese (PERRY et al, 2020; MADIRAJU et al, 2018; MARZZOCO & TORRES, 2007).

A capacidade hepática de síntese de glicose a partir do lactato e da alanina é também limitada em crianças recém-nascidas, porque a enzima limitante de velocidade, fosfoenol piruvato carboxi-quinase, está presente em quantidades muito pequenas durante as primeiras poucas horas após o nascimento. Sua indução em nível necessário para evitar hipoglicemia durante o estresse de jejum, leva algumas horas. Crianças prematuras e pequenas para a idade gestacional também tem menores reservas de glicogênio mais rapidamente, tornando-as dependentes de gliconeogênese do que crianças normais (HATTING, 2018; HEMS et al, 1966).

De uma forma mais simplória, seria o mesmo que dizer que quanto mais baixo for o valor de glicose, o cérebro se torna deficiente, uma vez que o cérebro não estoca glicose e particularmente os RN de muito baixo peso têm baixos substratos para manter a concentração de glicose. Com a queda da glicose, há aumento dos ácidos graxos, e de radicais livres, com diminuição do substrato energético para o cérebro. Na hipoglicemia, o transporte de íons fica prejudicado e ativa os mecanismos de perda da integridade da membrana celular, permitindo a entrada de cálcio e sódio na célula, levando ao inchaço celular e morte neuronal (HATTING, 2018; HEMS et al, 1966).

3 | FOSFORILAÇÃO OXIDATIVA

A fosforilação oxidativa é o estágio final do metabolismo produtor de energia nos organismos aeróbios. Todas as etapas oxidativas na degradação de carboidratos, gorduras e aminoácidos convergem para este estágio final da respiração celular no qual a energia proveniente da oxidação é responsável pela síntese de ATP (DEVLIN, 1998).

De forma simplificada a fosforilação oxidativa fornece ATP para as células a partir dos cofatores da glicólise, ciclo de Krebs e nutrientes convertidos a acetil-CoA que seguem para o ciclo do ácido cítrico. Diferente do ciclo de Krebs que ocorre na matriz mitocondrial,

a cadeia respiratória ou cadeia transportadora de elétrons, ocorre na matriz da mitocôndria em células procarióticas. Em presença do oxigênio, os elétrons de hidrogênio liberados do NADH e FADH₂ passam por um sistema em cascata por complexos enzimáticos na membrana das mitocôndrias e por citocromos, que transportam esses elétrons entre um complexo e outro (DEVLIN, 1998).

Essa passagem de energia através de enzimas de membrana mitocondriais é importante pois aceita elétrons de hidrogênio, diminuindo sua energia até transportá-los para o átomo de oxigênio formando água. Se não houvesse um transporte que diminuísse a energia dos elétrons de hidrogênio, toda a energia contida seria dissipada em forma de calor, o que não é vantajoso para o organismo. Assim, existe um sistema que transporta elétrons e bombeia prótons contra o gradiente elétrico de membrana, utilizando essa energia para a síntese de ATP (a energia química celular) (DEVLIN, 1998).

3.1 Complexos da Cadeia Transportadora de Elétrons

a) Complexo I

A primeira enzima aceptora de elétrons de hidrogênio é chamada de NADH-ubiquinona óxido-redutase ou simplesmente de Complexo I. Esse complexo efetua a transferência dos elétrons que antes eram transportados pelo NADH para o Citocromo.

Essa enzima possui um componente chamado de FMN (flavina mononucleotídeo), que semelhante ao FAD é capaz de receber 2 prótons e 2 elétrons. O FMN possui uma forma parcialmente reduzida (quando recebe 1 próton e 1 elétron) chamada semiquinona ou FMNH. O FMNH possui um radical livre que aceita mais 1 próton e 1 elétron tornando-se FMNH₂, sua forma totalmente reduzida (DEVLIN, 1998; HEMS et al, 1966; EXTON, 1972).

Além do FMN, o Complexo I apresenta centros de ferro-enxofre (Fe-S) que não são aceptores de prótons e transportam somente elétrons, recebidos ou doados pelo íon Fe, cuja valência alterna entre Fe³⁺ e Fe²⁺. Os centros Fe-S ainda estão presentes nos Complexos II e III. A porção S dessa proteína está ligada a resíduos de cisteína (DEVLIN, 1998; HEMS et al, 1966; EXTON, 1972).

A porção FMN dessa enzima recebe os hidrogênios do NADH oxidando-o a NAD e reduzindo-se a FMNH₂. É importante notar que a redução do FMN implica na retirada de um próton da matriz mitocondrial. Os elétrons do FMNH₂ formado seguem para os centros Fe-S até a Coenzima Q, deixando o Complexo I. Os prótons como não são aceitos pelos centros ferro-enxofre, são bombeados para o espaço entre membranas da mitocôndria (DEVLIN, 1998; HEMS et al, 1966; EXTON, 1972).

b) Complexo II

O complexo II também chamado de succinato desidrogenase ou succinato-ubiquinona óxido-redutase compõe a cadeia de elétrons além de participar do ciclo de Krebs, oxidando o succinato a fumarato.

Uma das diferenças do complexo I é o componente acceptor de elétrons da enzima,

utilizando FAD. O FAD oxida o succinato produzindo fumarato e FADH₂. Quando o NADH₂ doa seus elétrons para o íon Fe³⁺ dos centros Fe-S, os prótons de H são descartados de volta para a matriz mitocondrial. Também é possível notar que diferente do complexo I, a energia da transferência de elétrons para a coenzima Q não é suficiente para bombear prótons contra o gradiente de concentração (DEVLIN, 1998; HEMS et al, 1966; EXTON, 1972).

c) Coenzima Q

Entre o caminho que os elétrons percorrem pelos complexos, antes de chegarem ao complexo III, existe após os complexos I e II a coenzima Q. A coenzima Q funciona como ponto de convergência de NADH proveniente do complexo I, succinato do complexo II e outros substratos que podem ser oxidados doando seus elétrons pela cadeia respiratória reduzindo FAD a FADH₂. Um exemplo são os produtos do metabolismo de triacilgliceróis. Os elétrons desses substratos passam diretamente do FAD para a CoQ (DEVLIN, 1998; HEMS et al, 1966; EXTON, 1972).

d) Complexo III

O Complexo III, ubiquinona-citocromo c óxido-redutase ou citocromo bc₁ transferem elétrons da ubiquinona para o citocromo c, acompanhada de movimentação de prótons. Essa enzima é formada citocromos b_L e b_H, citocromo c₁ e uma proteína Fe-S. De acordo com o ciclo Q, o complexo III apresenta dois sítios catalíticos distintos: um para oxidação de QH₂ fazendo parte do citocromo b_L e outro para redução de Q contendo o citocromo b_H. Com a oxidação de QH₂, dois prótons são jogados no espaço intermembranoso e quando Q é reduzido, os prótons são retirados da matriz. O Complexo III ao oxidar a coenzima Q e reduzir o citocromo c, retira dois prótons da matriz e bombeia quatro prótons para o exterior da mitocôndria (DEVLIN, 1998; HEMS et al, 1966; EXTON, 1972).

e) Complexo IV

Ou citocromo oxidase, transporta dois elétrons do citocromo c para o oxigênio molecular, reduzindo-o a H₂O. O complexo IV é uma proteína grande da membrana mitocondrial interna. É dividido em duas subunidades:

Subunidade I: Contem dois grupos heme designados a e a₃ e um íons de cobre (CuB). O heme a₃ e CuB o formam um segundo centro binuclear que aceita elétrons do heme a e então os transfere para o O₂ ligado ao a₃.

Subunidade II: Contem dois íons de cobre complexados com os grupos -SH de dois resíduos de cisteína em um centro binuclear que lembram as proteínas dos centros 2Fe-2S.

A transferência de elétrons através do complexo IV ocorre do citocromo c para o CuA, do heme a₃-centro CuB e finalmente para o O₂. Para cada quatro substratos H⁺ da matriz convertendo o O₂ em 2H₂O. Os intermediários permanecem fortemente ligados ao complexo até serem completamente convertidos em água (DEVLIN, 1998; HEMS et al, 1966; EXTON, 1972).

Em resumo o processo todo é: NADH → Ubiquinona → Citocromo c → Citocromo c₁

Citocromo c à Citocromo a à Citocromo a₃ + O₂ + 4 íons de hidrogênio = 2H₂O

3.2 Mecanismo de Bombeamento de Prótons

A translocação de prótons através da membrana mitocondrial é feita pelos complexos I, III e IV.

Segundo a hipótese de Mitchell de 1961, a energia de transporte de elétrons é usada para bombear prótons através da membrana mitocondrial. A consequência do bombeamento dessas partículas é uma diferença de potencial entre as duas faces da membrana, a energia desse gradiente é chamada de força próton-motriz, composta por dois gradientes: o gradiente de pH, derivado do acúmulo de H no espaço entre membranas; e o gradiente elétrico, pois a matriz mitocondrial torna-se muito eletronegativa se comparada a ao espaço intermembranoso (DEVLIN, 1998; HEMS et al, 1966; EXTON, 1972).

Como a membrana é impermeável a prótons, existem sítios ativos a que possibilitam a passagem espontânea de prótons. Os mesmos sítios que permitem essa passagem são constituídos pelo complexo sintetizador de ATP. A ATP sintase catalisa a formação de ATP quando os prótons atravessa a enzima em direção ao interior da mitocôndria (DEVLIN, 1998; HEMS et al, 1966; EXTON, 1972).

Existem duas hipóteses que tentam explicar o bombeamento de prótons. Um dos modelos, o do acoplamento direto, é usado para justificar o transporte de prótons através de membrana pelos Complexos I e III, propondo que os transportadores de elétrons, ao serem reduzidos, captam prótons da matriz mitocondrial, e ao transferirem para o componente seguinte da cadeia, liberam prótons no espaço intermembranas. Essa mesma hipótese não parece ser aplicada corretamente para o Complexo VI, já que essa enzima não possui componentes que apresentem prótons no estado reduzido (DEVLIN, 1998; HEMS et al, 1966; EXTON, 1972).

O outro modelo, o do acoplamento indireto, diz o bombeamento de prótons é distinto e não relacionado diretamente ao transporte de elétrons. Propõe que passagem de energia promove uma alteração conformacional diferente nos estados oxidado e reduzido. Assim, mudanças relacionadas ao efeito Bohr, após a transferência de elétrons, causam uma diminuição nos valores de pKa, e as cadeias laterais ficam expostas no lado externo da membrana, liberando prótons para o espaço intermembranoso (DEVLIN, 1998; HEMS et al, 1966; EXTON, 1972).

3.3 Atp Sintase

A enzima ATP sintase é formada a partir de uma invaginação da face interna da membrana interna mitocondrial; esta porção membranosa é constituída de microesferas presas à membrana por hastes que permitem uma rotação em seu próprio eixo. Estudos vem comprovando que o tratamento de mitocôndrias em raio ultrassom acaba por produzir fragmentos desta membrana que forma vesículas espontâneas contendo as microesferas presas pelas hastes no lado externo da mesma (HEMS et al, 1966; EXTON, 1972; NELSON

& COX, 2002).

Nota-se ainda que a vesícula destituída de suas microesferas desempenham a função de transporte de elétrons e que as microesferas desacopladas do complexo terminam por promoverem a hidrólise do ATP. Baseado nestas observações deduz-se que a ATP sintase possui dois segmentos distintos aos quais denominou-se F0 destinado ao bombeamento de prótons e F1 especializado na síntese de ATP (HEMS et al, 1966; EXTON, 1972; NELSON & COX, 2002).

A porção F0 é composta por seis conjugações de subunidades alfas e betas interpostas entre si sendo que é compreendido que a reação $ADP + Pi = ATP$ ocorre devido a uma conformação estrutural distinta, momentânea e sequencial entre as três subunidades beta sendo que como ocorre a transferência da energia provinda do processo é usada para rotação da enzima transformando-a de eletroquímica em mecânica salvando o saldo de ATPs produzidos ainda é um dos mistérios da bioquímica (HEMS et al, 1966; EXTON, 1972; NELSON & COX, 2002).

REFERÊNCIAS

DEVLIN, T. M. **Manual de Bioquímica com Correlações Clínicas**. América: Edgard Blucher Ltda., 1998.

EXTON, J.H. **Gluconeogênese. Metabolismo**, v. 21, n. 10, p. 945-990, 1972.

HATTING, Maximilian et al. **Insulin regulation of gluconeogenesis**. Annals of the New York Academy of Sciences, v. 1411, n. 1, p. 21, 2018.

HEMS, R. et al. **Gluconeogênese no fígado perfundido de rato**. Biochemical Journal, v. 101, n. 2, p. 284-292, 1966.

MADIRAJU, Anila K. et al. **Metformin inibe a gluconeogênese através do mecanismo redox-dependente in vivo**. Nature medicine, v. 24, n. 9, p. 1384-1394, 2018.

MARZZOCO, A.; TORRES, B. B. **Bioquímica básica**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007.

NELSON, D. L.; COX, M. M. **Lehninger's principles of biochemistry**. São Paulo: Sarvier, 2002.

PERRY, Rachel J. et al. **Glucagon estimula a gluconeogênese por lipólise hepática mediada por INSP3R1**. Nature, v. 579, n. 7798, p. 279-283, 2020.

YAN, Hui et al. **Estrogênio melhora a sensibilidade insulínica e suprime a gluconeogênese através do fator de transcrição Foxo1**. Diabetes, v. 68, n. 2, p. 291-304, 2019.

ÍNDICE REMISSIVO

A

- Adaptabilidade 115, 122
- Alimentação Coletiva 13, 168, 169, 171
- Alimentação saudável 9, 21, 37, 39, 76, 109, 110
- Aproveitamento integral de alimentos 39, 40, 46

B

- Boas Práticas de Manipulação 77, 81, 84, 88, 90, 106, 107, 168, 169

C

- Cafeína 52, 54, 57, 66, 67, 68
- Cajarana 10, 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9
- Caracterização física 1, 2, 3, 9, 11, 14
- Catequina 52, 54, 57, 65, 66, 67, 68
- Celastraceae 11, 12, 20
- Cerrado 7, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 20
- Chocolate 10, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37
- Controle de qualidade 13, 89, 96

D

- Desenvolvimento de cultivares 115
- Desenvolvimento infantil 172
- Desigualdade social 69, 70, 71
- Diabetes e psyllium 126
- Diabéticos 39, 40, 126, 128, 129, 130, 165

E

- Escala hedônica 26, 29, 39, 41, 109, 112
- Escolhas alimentares 21
- Extrato de soja 109, 111

F

- Fibra de psyllium 12, 126, 128, 129, 130
- Fibra solúvel 48, 126, 128, 130
- Ficha técnica 39, 43, 44, 46, 47, 48
- Físico-química 9, 10, 1, 2, 6, 8, 9, 10, 11, 13, 19, 20, 25, 28, 36, 37, 114, 186

Fitoterapia 159, 160, 166, 167

Fome 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 172, 173, 175

G

Gastronomia 39

Glicose e psyllium 126

H

Higiene dos alimentos 78

I

Inovação 21, 30, 169

Insegurança Alimentar 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 172, 173, 174, 175, 176

J

Jogos e Brinquedos 168

L

Lista de verificação 77, 79, 81, 82, 84, 86, 89, 91, 93, 94, 95, 96, 99, 101, 103, 106

Lúpulo 12, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125

M

Manejo da cultura 52

Manipulação de alimentos 78, 82, 93, 101, 108, 169

Melhoramento genético 12, 115, 117, 118, 119, 122

Minerais 1, 2, 4, 7, 9, 11, 12, 14, 17, 18, 50, 162, 164, 178, 179

O

Obesidade 31, 32, 40, 130, 159, 160, 161, 162, 166, 167

P

Paullinia cupana 52, 53, 68

Peixes 78

Preparações culinárias 11, 39

R

Restaurantes 11, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 103, 104, 105, 106, 107, 108

S

Segurança alimentar e nutricional 13, 69, 74, 75, 172

V

Variabilidade genética 52, 119

Alimento, Nutrição e Saúde 4

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 



Alimento, Nutrição e Saúde 4

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

