

# Ciência, Tecnologia e Inovação: Experiências, Desafios e Perspectivas 2



**Samuel Miranda Mattos**  
(Organizador)

**Atena**  
Editora

Ano 2020

# Ciência, Tecnologia e Inovação: Experiências, Desafios e Perspectivas 2



**Samuel Miranda Mattos**  
(Organizador)

**Atena**  
Editora

Ano 2020

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Diagramação:** Geraldo Alves

**Edição de Arte:** Lorena Prestes

**Revisão:** Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. 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.

### **Conselho Editorial**

#### **Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro

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

Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia

Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá

Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima

Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões

Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná

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. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense

Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

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 – Universidade Federal do Maranhão

Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará

Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste

Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

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  
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. 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  
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Fernando José Guedes da Silva Júnior – Universidade Federal do Piauí  
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco  
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande  
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  
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª 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. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **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. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Andrezza Miguel da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais  
Prof<sup>a</sup> Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar  
Prof<sup>a</sup> 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  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas  
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Prof<sup>a</sup> Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília  
Prof<sup>a</sup> Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás  
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases  
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí  
Prof<sup>a</sup> Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora  
Prof. Dr. Fabiano Lemos Pereira – Prefeitura Municipal de Macaé  
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo  
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
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  
Prof<sup>a</sup> Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College  
Prof<sup>a</sup> Ma. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará  
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 Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
 Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA  
 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. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
 Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
 Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
 Prof. Me. 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. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
 Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco  
 Prof. Me. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados  
 Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
 Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
 Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana  
 Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
C569	<p>Ciência, tecnologia e inovação experiências, desafios e perspectivas 2 [recurso eletrônico] / Organizador Samuel Miranda Mattos. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.</p> <p>Formato: PDF            Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader            Modo de acesso: World Wide Web            Inclui bibliografia.            ISBN 978-65-5706-069-8            DOI 10.22533/at.ed.698202705</p> <p>1. Ciência – Brasil. 2. Inovação. 3. Tecnologia. I. Mattos, Samuel Miranda.</p> <p style="text-align: right;">CDD 506</p>
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

Atena Editora  
 Ponta Grossa – Paraná - Brasil  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
 contato@atenaeditora.com.br

## APRESENTAÇÃO

Caros Leitores!

O Livro Ciência, Tecnologia e Inovação: Experiências, Desafios e Perspectivas, possibilita ampliação no conhecimento dos leitores, pois apresenta diversas áreas reunidas em dois volumes, sendo resultado de pesquisas desenvolvidas no âmbito nacional por diferentes Instituições de Ensino e colaborações de pesquisadores. Sua contribuição é substancial para o desenvolvimento da ciência e tecnologia do nosso país, configurando um avanço das nossas pesquisas.

O volume 1, tem o foco em pesquisas na área do ensino, educação, biológica e saúde divididos em 14 capítulos. Já o volume 2, apresenta resultados de pesquisa na área ambiental, tecnologia e informação em 13 capítulos respectivamente.

Os leitores poderão apreciar uma pluralidade de áreas nas ciências brasileira, percebendo os desafios e perspectivas que percorremos quando produzimos ciência. Desejo a todos uma ótima leitura e convidamos a embarcar nessa nova experiência.

Samuel Miranda Mattos

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
PRINCIPAIS ASPECTOS DA PROTEÇÃO DAS CULTIVARES NO CONTEXTO NACIONAL E INTERNACIONAL	
Líbia Cristina Xavier Santos	
Marina Couto Giordano	
Wina Eleana Lages Pereira	
Grace Ferreira Ghesti	
Lennine Rodrigues de Melo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6982027051</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>20</b>
SISTEMA DE IRRIGAÇÃO DE PEQUENO PORTE PARA O CULTIVO DE UVAS UTILIZANDO ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA	
Jonathan Paul Valverde Jimenez	
Giovane Ronei Sylvestrin	
Melanie Gissel Urdangarin Gamarra	
Jiam Pires Frigo	
Oswaldo Hideo Ando Junior	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6982027052</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>60</b>
ANÁLISE DA VIABILIDADE DE UTILIZAÇÃO DE UM VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO EM MODO AUTÔNOMO PARA MONITORAMENTO AMBIENTAL POR AEROFOTOGRAMETRIA: UM ESTUDO DE CASO	
Gabryel Silva Ramos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6982027053</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>74</b>
UMA APLICAÇÃO DE MINERAÇÃO DE DADOS COM MEE E MAPAS DE KOHONEN NO MERCADO DE SERVIÇOS DE COMUNICAÇÕES MÓVEIS	
Gutembergue Soares da Silva	
Teófilo Camara Mattozo	
André Pedro Fernandes Neto	
Fred Sizenando Rossiter Pinheiro Silva	
Antonio Sálvio de Abreu	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6982027054</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>87</b>
TECHNIQUE: CONTRIBUTIONS OF MARTIN HEIDEGGER	
Mauricio dos Reis Brasão	
Gustavo Araújo Batista	
José Carlos Souza Araújo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6982027055</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>96</b>
SISTEMAS DE MONITORAMENTO DA PRESSÃO NO BALONETE DE TUBOS ENDOTRAQUEAIS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA	
Tássia Joany de Paiva Xavier	
Maria Elizete Kunkel	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6982027056</b>	



<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>108</b>
DESENVOLVIMENTO DE UMA ANTENA DE MICROFITA COM POLARIZAÇÃO CIRCULAR PARA FPV EM VEÍCULOS AÉREOS NÃO TRIPULADOS	
Alexandre de Moraes Araújo André Pedro Fernandes Neto Gutemberg Soares da Silva Fred Sizenando Rossiter Pinheiro Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6982027057</b>	
<b>CAPÍTULO 8</b> .....	<b>128</b>
METODOLOGIAS DE STARTUPS AUXILIANDO NOS NOVOS MODELOS DE GESTÃO	
Anna Cristina Barbosa Dias de Carvalho	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6982027058</b>	
<b>CAPÍTULO 9</b> .....	<b>134</b>
AVALIAÇÃO DE NÚMERO DE ESTÁGIOS TEÓRICOS DE DESTILADOR DE UM CICLO DE REFRIGERAÇÃO POR ABSORÇÃO DE AMÔNIA-ÁGUA	
Elí Wilfredo Zavaleta Aguilar	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6982027059</b>	
<b>CAPÍTULO 10</b> .....	<b>145</b>
UMA ADAPTAÇÃO DO BITTORRENT PARA <i>STREAMING</i> DE VÍDEO SOB DEMANDA INTERATIVO EM REDES MÓVEIS <i>AD HOC</i>	
Carlo Kleber da Silva Rodrigues Vladimir Emiliano Moreira Rocha	
<b>DOI 10.22533/at.ed.69820270510</b>	
<b>CAPÍTULO 11</b> .....	<b>161</b>
TRANSFERÊNCIA DE CULTIVARES NO CONTEXTO NACIONAL	
Alexandre Ventin de Carvalho Líbia Cristina Xavier Santos Marina Couto Giordano de Oliveira Wina Eleana Lages Pereira Grace Ferreira Ghesti Lennine Rodrigues de Melo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.69820270511</b>	
<b>CAPÍTULO 12</b> .....	<b>181</b>
INVESTIMENTOS EM TI: OS BANCOS DIVULGAM ESTES INVESTIMENTOS?	
Aline Thatyana Aranda da Rocha Branco Alcantara Alves Napoleão Verardi Galeale	
<b>DOI 10.22533/at.ed.69820270512</b>	
<b>CAPÍTULO 13</b> .....	<b>189</b>
ANÁLISE PRELIMINAR DA EXPOSIÇÃO À VIBRAÇÃO DE MÃOS E BRAÇOS: ESTUDO DE CASO MOTOSSERRAS NA CAFEICULTURA	
Amanda de Carvalho Ferreira Geraldo Gomes de Oliveira Júnior Irlon de Ângelo da Cunha	

Adriano Bortolotti da Silva  
João Carlos Teles Ribeiro da Silva  
Raphael Nogueira Rezende  
Lucas Deleon Ramirio  
Patrícia Ribeiro do Valle Coutinho

**DOI 10.22533/at.ed.69820270513**

<b>SOBRE O ORGANIZADOR.....</b>	<b>197</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO .....</b>	<b>198</b>

## AVALIAÇÃO DE NÚMERO DE ESTÁGIOS TEÓRICOS DE DESTILADOR DE UM CICLO DE REFRIGERAÇÃO POR ABSORÇÃO DE AMÔNIA-ÁGUA

Data de aceite: 18/05/2020

Data de submissão: 11/02/2020

**Elí Wilfredo Zavaleta Aguilar**

Universidade Estadual Paulista (Unesp), Câmpus  
Itapeva  
Itapeva – SP

<http://lattes.cnpq.br/9089404188150227>

**RESUMO:** A preocupação com uso racional e eficiente da energia e problemas ambientais recentes trazem o interesse em utilizar ciclos de refrigeração por absorção. Esses equipamentos são grandes, pesados e seu custo inicial é elevado, sendo que o destilador geralmente é o maior componente desses ciclos. O presente trabalho tem por objetivo realizar a simulação do destilador tipo pratos (ou coluna de destilação de pratos) do ciclo de refrigeração por absorção de amônia-água, com o intuito de obter o número de estágios teóricos, entre outros parâmetros do mesmo como: número de estágios na seção de enriquecimento, de esgotamento, posição de alimentação à coluna, taxas de calor transferidos no gerador e no retificador, bem como as temperaturas, concentrações e vazões mássicas das entradas e saídas

de fluido cada estágio, usando o método de Ponchon-Savarit. O *software* desenvolvido a partir da simulação foi comparado com outro trabalho fornecendo resultados compatíveis. Foi realizada a simulação de um ciclo de refrigeração por absorção de amônia-água tipo GAX de 5 TR, obtendo-se que o número de estágios teóricos do destilador deve ser de 4. Notando que esse número depende de variáveis de processo como concentrações, vazões, título, temperaturas e pressões do destilador.

**PALAVRAS-CHAVE:** Ciclo de refrigeração por absorção, amônia-água, destilador, número de estágios.

THEORETICAL STAGES NUMBER  
EVALUATION OF AN AMMONIA-WATER  
ABSORPTION REFRIGERATION CYCLE  
DISTILLER

**ABSTRACT:** Rational and efficient use of energy concerns and recent environmental problems, bring the interest in using absorption refrigeration cycles. Those equipments are large, heavy and its initial cost is high. The distiller is usually the largest component of these cycles. The present work aims to

simulate the ammonia-water absorption refrigeration cycle tray-type distiller (or tray distillation column), in order to obtain the theoretical stages number, among other parameters such as: enrichment and stripping section number of stages, column feed position, generator and rectifier heat transfer rates, as well as, the fluid temperatures, concentrations and mass flows rate of each stage inlets and outlets, using the Ponchon-Savarit method. The software developed from the simulation was compared with other work providing compatible results. A simulation of a 5 RT ammonia-water absorption refrigeration cycle GAX type was performed, obtaining that the distiller theoretical stages number must be 4. Noting that this number depends on the distiller process variables, such as, concentrations, flows, quality, temperatures and pressures.

**KEYWORDS:** Absorption refrigeration cycle, ammonia-water, distiller, stages number.

## 1 | INTRODUÇÃO

O consumo de energia elétrica numa região está relacionado, entre outros fatores, com o número de pessoas, grau de industrialização e uso de novas tecnologias. A principal fonte de energia elétrica do Brasil tem origem hídrica, porém, nos últimos anos as condições hidrológicas têm sido desfavoráveis (Bardelin, 2004; EPE, 2014a). No Brasil, o consumo de energia elétrica devido ao uso de ar condicionado (AC) também tem aumentado e sua influência foi refletida na mudança de horário de pico de consumo de energia elétrica no verão das 18h00-20h00 para às 14h30-15h30 (Folha de São Paulo, 2014). Os setores que impulsionaram o aumento no consumo de energia elétrica foram o residencial e o comercial (EPE, 2014b) onde o AC representa quase 50 % do consumo de energia elétrica (Eletrobras, 2010). Os equipamentos de AC a compressão, tradicionalmente usam fluidos refrigerantes que intensificam os problemas ambientais como aquecimento global e diminuição da camada de ozônio. A preocupação com uso racional e eficiente da energia e os problemas ambientais comentados trazem novamente o interesse em utilizar ciclos de refrigeração por absorção (CRA) onde os fluidos de trabalho mais comuns usados são os pares amônia-água ( $\text{NH}_3\text{-H}_2\text{O}$ ) e brometo de lítio-água ( $\text{LiBr-H}_2\text{O}$ ), sendo que o primeiro consegue temperaturas de até - 60 °C. Os CRA consomem por volta 10 % de energia elétrica que seu par a compressão na mesma faixa de capacidade, porém, precisam de energia térmica para seu funcionamento, que pode ser suprida por gases residuais de processos térmicos (cogeração e trigeração), energia solar, entre outros. Por outro lado, os CRA são equipamentos grandes e pesados e seu custo inicial é elevado. Esses fatores são intensificados para pequenas capacidades (menores que 5 TR – toneladas de refrigeração) que incluem usos potenciais como embarcações pesqueiras, caminhões frigoríficos, residências, comércio, entre outros.

Os componentes críticos do ciclo de refrigeração por absorção de amônia-



água (CRAA) são o absorvedor e o destilador. Eles são considerados críticos porque trabalham com transferência simultânea de calor e de massa com uma mistura binária e bifásica, enquanto os outros componentes do ciclo trabalham basicamente com fluidos puros ou sem mudança de fase. ARKLA Industries, Inc. (1972) informa que o destilador é, geralmente, o maior componente no CRAA. Dentre o destilador e o absorvedor, o elemento mais estudado é o segundo (Determan e Garimella, 2011).

O presente trabalho tem por objetivo usar o *software* EES (*Engineering Equation Solver*) para realizar a simulação do destilador do ciclo de refrigeração por absorção de amônia-água (CRAA), com o intuito de obter o número de estágios teóricos, entre outros parâmetros, usando o método de Ponchon-Savarit.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

É indicado na Fig. 1a um ciclo de refrigeração por absorção de amônia-água tipo GAX, nele se encontra o destilador na cor preta formando parte do ciclo. A solução de amônia-água chamada de forte (já que sua concentração de amônia é alta) ingressa no destilador, depois de ter sido aquecido no ARS (absorvedor resfriado por solução). Dentro da coluna, essa solução, desce pelos estágios (ou pratos) trocando energia e massa com o vapor que foi produzido no gerador. Ao sair do destilador, na parte inferior, a solução é chamada de fraca (já que a concentração em amônia é baixa). O vapor produzido no gerador sobe pela coluna, ao chegar na parte superior ainda com água passa no retificador, onde é retirado calor, depois passa no acumulador, onde são separados o vapor de amônia com alto grau de pureza e o líquido que volta à coluna como refluxo.



massa e de energia é representada como:

$$\dot{m}_{V,n+1} - \dot{m}_{L,n} = \dot{m}_d \quad (1)$$

$$\dot{m}_{V,n+1} x_{V,n+1} - \dot{m}_{L,n} x_{L,n} = \dot{m}_d x_d \quad (2)$$

$$\dot{m}_{V,n+1} h_{V,n+1} = \dot{m}_{L,n} h_{L,n} + \dot{m}_d h_d + \dot{Q}_R \quad (3)$$

Em que  $\dot{m}$  é a vazão mássica (kg/s),  $x$  é a fração mássica da solução (adimensional),  $h$  é a entalpia específica (kJ/kg). Das Eqs. (1), (2) e (3) chega-se a:

$$\frac{\dot{m}_{L,n}}{\dot{m}_{V,n+1}} = \frac{x_d - x_{V,n+1}}{x_d - x_{L,n}} = \frac{h'_d - h_{V,n+1}}{h'_d - h_{L,n}} \quad (4)$$

Em que:

$$h'_d = h_d + \frac{\dot{Q}_R}{\dot{m}_d} \quad (5)$$

Pode-se notar na Eq. (4) há uma relação linear entre a fração mássica e entalpia específica a qual é chamada de linha de operação (Fig. 3). Os balanços de massa e de energia do estágio 1 até o estágio  $n$  fornecem linhas de operação no diagrama  $x-h$  (fração mássica - entalpia), as quais coincidem no ponto  $(x_d, h'_d)$ . Os escoamentos de líquido e de vapor que saem de cada estágio estão em equilíbrio termodinâmico. A projeção vertical de cada fração mássica  $(x_{L,n}, x_{V,n+1})$  correspondente à linha de operação no diagrama  $x-h$  no diagrama  $x_L-x_V$  produz um ponto da curva de operação do lado de enriquecimento.

Define-se razão de refluxo (ou razão de refluxo externo) à razão entre a vazão mássica do líquido saturado que retorna à parte superior da seção enriquecedora e a vazão mássica do vapor saturado que sai da coluna. Do balanço de massa e de energia do volume de controle contendo a parte superior da coluna, o refluxo, o retificador e o vapor destilado, obtém-se:

$$R = \frac{\dot{m}_r}{\dot{m}_d} = \frac{h'_d - h_{V,1}}{h_{V,1} - h_r} \quad (6)$$

Do balanço de massa e de energia no volume de controle VC-2 da Fig. 1b, chega-se a:

$$\dot{m}_{L,m} - \dot{m}_{V,m+1} = \dot{m}_s \quad (7)$$

$$\dot{m}_{L,m} x_{L,m} - \dot{m}_{V,m+1} x_{V,m+1} = \dot{m}_s x_s \quad (8)$$

$$\dot{m}_{L,m} h_{L,m} + \dot{Q}_G = \dot{m}_{V,m+1} h_{V,m+1} + \dot{m}_s h_s \quad (9)$$

Das Eqs. (7) até a (9) obtém-se:

$$\frac{\dot{m}_{L,m}}{\dot{m}_{V,m+1}} = \frac{x_{V,m+1} - x_s}{x_{L,m} - x_s} = \frac{h_{V,m+1} - h'_s}{h_{L,m} - h'_s} \quad (10)$$

Onde:

$$h'_s = h_s - \frac{\dot{Q}_G}{\dot{m}_s} \quad (11)$$

A relação entre frações mássicas e entalpia específica da Eq. (10) fornece linhas de operação as quais se intersectam no ponto  $(x_s, h'_s)$ . As projeções dos pontos correspondentes às frações mássicas de saturação das linhas de equilíbrio do diagrama  $h-x$  ao diagrama  $x_L-x_V$  fornecem pontos da curva de operação correspondentes ao lado de esgotamento. A alimentação “e” na coluna deve ser feita no estágio correspondente à interseção das curvas de operação, já que se for acima ou abaixo desta, seriam necessários mais estágios para se obter a concentração da solução de esgoto  $x_s$  e de vapor destilado  $x_d$ . Juntando a seção de esgotamento e gerador com a seção enriquecedora, retificador e acumulador obtém-se a coluna de destilação completa. Fazendo o balanço de massa e de energia no volume de controle VC-3, chega-se a:

$$\dot{m}_e = \dot{m}_s + \dot{m}_d \quad (12)$$

$$\dot{m}_e x_e = \dot{m}_s x_s + \dot{m}_d x_d \quad (13)$$

$$\dot{m}_e h_e + \dot{Q}_G = \dot{m}_s h_s + \dot{m}_d h_d + \dot{Q}_R \quad (14)$$

Das Eqs. (12), (13) e (14) obtém-se:

$$\frac{\dot{m}_d}{\dot{m}_s} = \frac{x_e - x_s}{x_d - x_e} = \frac{h_e - h'_s}{h_d - h_e} \quad (15)$$

Quando relacionadas a fração mássica e a entalpia específica da Eq. (15) obtém-se a linha de operação principal no diagrama  $h-x$ . Duas situações limite podem ser encontradas na coluna. A primeira acontece quando: todo o vapor que sai do estágio superior da seção de enriquecimento é condensado e volta à coluna, a alimentação e a saída da solução fraca são interrompidas, essa situação é conhecida como “refluxo total”, nestas condições o número de estágios na coluna é o mínimo e as taxas de calor envolvidas no gerador e no retificador são muito grandes. A segunda situação é quando a linha de operação principal coincide com uma linha de equilíbrio, obtendo-se uma razão de refluxo mínimo ( $R_{min}$ ), nestas condições o



número de estágios necessários para a destilação desejada é muito grande e o fluxo de calor fornecido ao gerador e retirado do retificador são os menores. Kister (1992) recomenda fatores de refluxos (Eq. 16) entre 1,05 a 1,3.

$$f_R = \frac{R}{R_{min}} \quad (16)$$

Todas as equações mencionadas são implementadas no *software* EES e se formam sistemas de equações não lineares as quais devem ser resolvidas de forma simultânea junto com as projeções entre os diagramas do método gráfico e as condições de equilíbrio da mistura. Cada propriedade termodinâmica da mistura (binária) amônia-água depende de outras três e, o programa conta com uma biblioteca para obtenção das mesmas.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

As variáveis de entrada para a simulação são mostradas esquematicamente na Fig. 2 juntamente com as de saída. Essas últimas são: número de estágios na seção de enriquecimento e de esgotamento, posição da alimentação com a solução forte à coluna, taxas de calores necessários a ser transferidos no retificador e no gerador. Para simulação do programa foram selecionadas as variáveis de entrada de Ortigosa (2008) para um ciclo tipo GAX de 5 TR, temperatura de evaporação de  $-2\text{ }^\circ\text{C}$  e temperatura de condensação de  $40\text{ }^\circ\text{C}$ . Nessas condições obtém-se  $\dot{m}_d = 0,015\text{ kg/s}$ ,  $x_d = 0,999$ ,  $x_{q,d} = 1,0$  (título),  $x_e = 0,4517$ ,  $T_e = 98,14\text{ }^\circ\text{C}$ ,  $x_s = 0,1520$ ,  $x_{q,e} = 0$ ,  $P = 15,56\text{ bar}$ . O fator de refluxo será considerado de 1,1 seguindo a recomendação de Kister (1992).

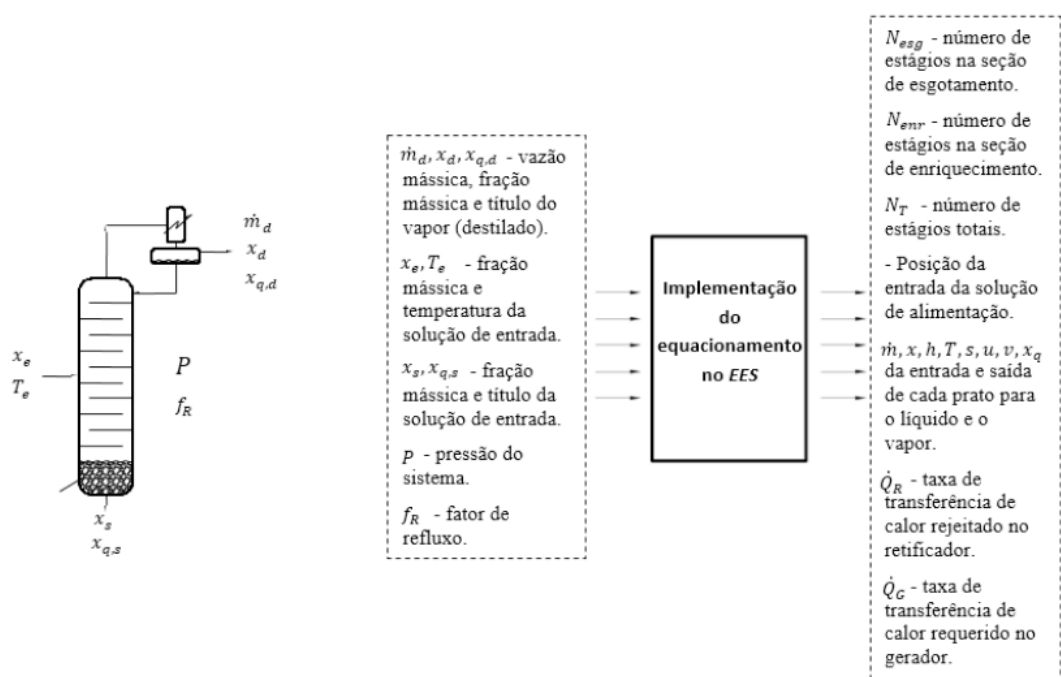


Figura 2 – Posicionamento e descrição das variáveis de entrada.

A Fig. 3 mostra os diagramas  $h-x$  e  $x_V-x_L$  para essa simulação, neles podem-se apreciar as linhas e curvas representativas para a pressão de operação de 15,56 bar. Na seção de esgotamento há uma purificação de 51 %, na seção de enriquecimento de 1,5 % e no retificador de 2,1 %, sendo que o vapor destilado atinge 99,9 % em massa de pureza.

Pode-se notar nesse gráfico que o retificador deve se composto por 4 estágios teóricos e que a entrada deve ser acima do segundo estágio. A taxa de calor necessário a ser fornecido no gerador é de 27,5 kW e no retificador devem ser retirados 4,4 kW. Não está indicada nos gráficos, mas a análise da vazão mássica indica que esta aumenta ao longo de seu percorrido desde que é produzido no gerador até que sai no retificador. A vazão mássica da solução líquida sofre um processo inverso, diminuindo à medida que desce pela coluna. Por outro lado, a temperatura do vapor diminui à medida que sobe pela coluna e o líquido em contracorrente aumenta sua temperatura quando desce, dadas as condições de equilíbrio termodinâmico impostas. A solução fraca que sai da coluna atinge uma temperatura de 160,3 °C. Essa temperatura alta é aproveitada no ARS para aumentar a temperatura da solução forte que entra no gerador. O ponto em que o vapor e o líquido atingem uma temperatura similar (em torno de 90 °C) é na alimentação da solução forte da coluna onde as três correntes se encontram.

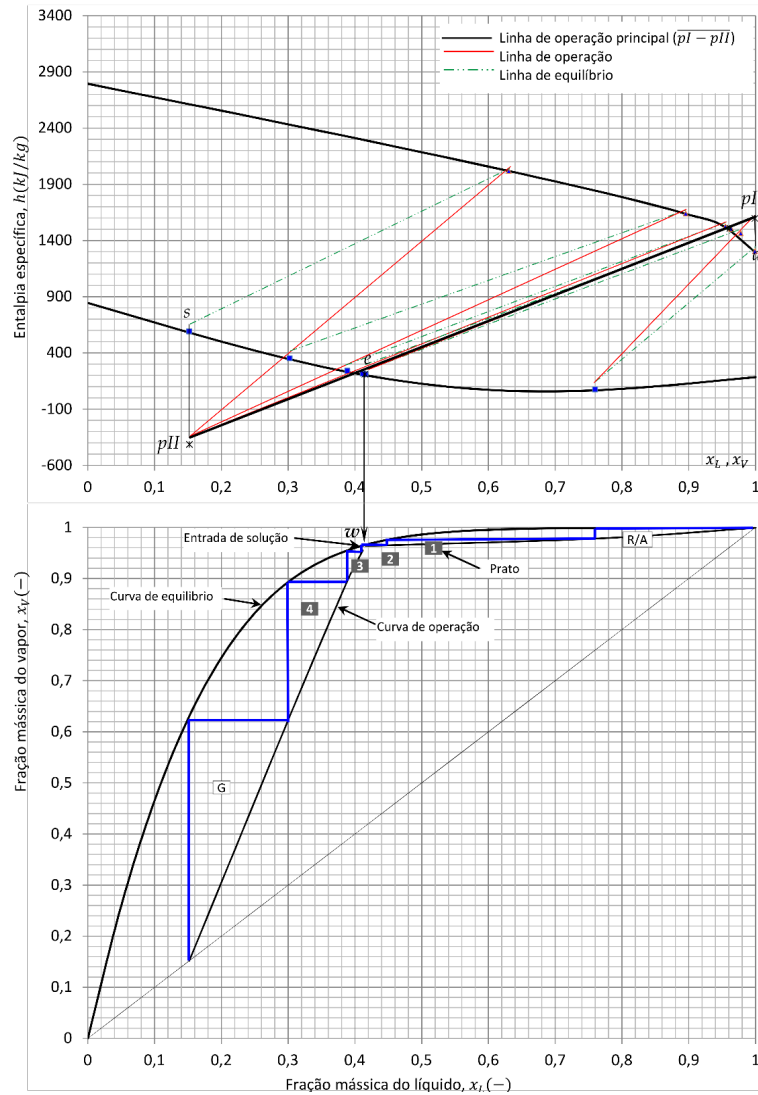


Figura 3 – Diagrama  $h-x$  e  $x_V-x_L$ , linhas e curvas características.

A Fig. 4 mostra o resultado implementado no programa EES, pode-se notar que ele indica as frações mássicas, entalpias, posição de entrada da solução forte (acima do estágio 2), taxas de calores transferidos no gerador e no retificador (em kW), número de estágios totais (4), de enriquecimento (1) e de esgotamento (3).

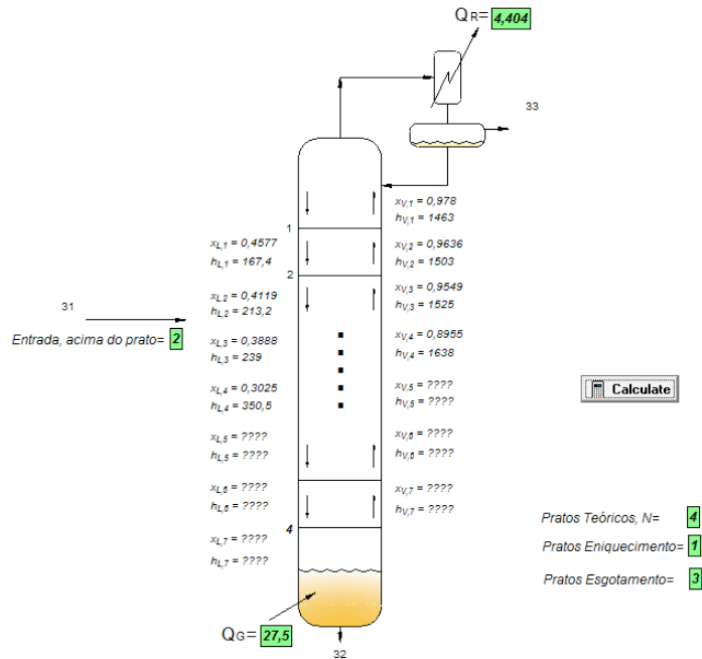


Figura 4 – Esquema mostrando o número de pratos teóricos, a entrada da solução forte e outros resultados da simulação.

### 3 | CONCLUSÕES

O método de Ponchon-Savarit, usado para fazer os balanços de massa e de energia na coluna de destilação, resulta apropriado, pois fornece resultados precisos. Foi implementado um programa computacional no *software* EES para simulação. Os resultados obtidos foram comparados com o trabalho de Anand e Erickson (1999) conseguindo-se, nos dois casos, 6 estágios para um CRAA de 8 TR. Para obtenção do número de estágios reais, a eficiência da coluna deve ser considerada.

### REFERÊNCIAS

- ANAND, G.; ERICKSON, D. **Compact sieve-tray distillation column for ammonia-water absorption heat pump: Part I - Design methodology**. ASHRAE Transactions, v. 105, n. 1, p. 796 – 803, 1999.
- ARKLA Industries, Inc. Michael H. Sivak. **Horizontal firing of generator in absorption refrigeration refrigerator**, 1972. US 37500421, 21 jul. 1972.
- BARDELIN, C. **Os Efeitos do Racionamento de Energia Elétrica ocorrido em 2001 e 2002 com ênfase no Consumo de Energia Elétrica**. Mestrado, Universidade de São Paulo, Brasil, 2004.
- DETERMAN, M. D.; GARIMELLA, S. **Ammonia-water desorption heat and mass transfer in microchannel devices**. International Journal of Refrigeration, v. 34, n. 5, p. 1197– 1208, 2011.
- ELETRONBRAS. **Avaliação do mercado de eficiência energética no Brasil. 2007. Pesquisa na classe comercial AT**. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br>>. Acesso em: 08.08.2010.



EPE. **Balço Energético Nacional - Relatório Síntese**. 2014a. Disponível em: <[www.epe.gov.br](http://www.epe.gov.br)>. Acesso em: 03.07.2014.

EPE. **Resenha mensal do mercado de energia elétrica**. 2014b. Ano VIII, n. 77, fevereiro.

FOLHA DE SÃO PAULO. **Alta de serviços e calor mudam o pico de energia para meio da tarde. 2014**. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/mercado/2014/01/1403798-alta-dos-servicos-e-calor-mudam-o-pico-de-energia-para-meio-da-tarde-.shtml>>. Acesso em: 01.06.2014.

KISTER, H. Z. **Distillation Design**. USA: McGraw-Hill, 1992.

ORTIGOSA, A. S. P.; PRETER, F. C.; LABOZETTO, R. L.; ZAVALTA-AGUILAR, E. W., SIMÕES-MOREIRA, J.R. **Modeling, and simulation of a commercial ammonia – water absorption refrigeration cycle for production of chilled water**. Proceedings of the ENCIT – Brazilian Congress of Thermal Sciences and Engineering, p. 8p, 2008.

## **SOBRE O ORGANIZADOR**

**Samuel Miranda Mattos** - Professor de Educação Física, Mestre e Doutorando em Saúde Coletiva pela Universidade Estadual do Ceará (UECE). MBA em Gestão de Academias e Negócios em Esporte e Bem-Estar pelo Centro Universitário Farias Brito (FFB). Membro do Grupo de Pesquisa Epidemiologia, Cuidado em Cronicidade e Enfermagem (GRUPECCE-CNPq). Pesquisador na área da atividade física e saúde, promoção de saúde, epidemiologia e doenças crônicas não transmissíveis. E-mail para contato: [profsamuelmattos@gmail.com](mailto:profsamuelmattos@gmail.com).

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Agrícola 2, 3, 21, 23, 57, 161, 162, 179, 196

Agropecuário 18, 21, 57, 179

Água 7, 2, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 30, 31, 36, 37, 55, 56, 134, 135, 136, 140

Alimentos 1, 21, 22, 25

Ambiente 18, 23, 44, 46, 58, 61, 69, 71, 72, 78, 79, 131, 152, 161, 164, 171, 173, 174, 178, 179

### B

Biodiversidade 1, 9, 17, 19, 165

### C

Calibração 60, 62, 66, 67, 68, 72

Clientes 74, 75, 77, 80, 81, 82, 83, 146, 149, 151, 183

Consumo 21, 24, 30, 31, 32, 35, 36, 37, 40, 42, 43, 98, 135, 143, 160

Cultivar 1, 2, 3, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 19, 162, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 179

### F

Fiscalização 10, 11, 13, 21, 167, 169, 176

Fotografias 61, 73

Frutas 22

### G

Genético 1, 7, 8, 12, 16, 161, 164, 170, 175

### M

Método 1, 22, 23, 25, 26, 31, 36, 38, 46, 49, 56, 60, 75, 76, 84, 88, 96, 99, 102, 104, 110, 112, 113, 115, 116, 117, 121, 125, 129, 134, 136, 137, 140, 143, 152, 172, 184

Modelo 5, 7, 17, 23, 24, 26, 36, 37, 39, 40, 41, 47, 65, 74, 75, 76, 77, 78, 80, 81, 82, 88, 113, 115, 116, 118, 153, 161, 163, 174, 194, 195

Monitoramento 10, 60, 61, 62, 96, 97, 98, 99, 102, 103, 104, 105, 167

### N

Naturais 1, 7, 163

Natureza 1, 7, 16, 88, 162, 163, 175, 176

### P

Planejamento 60, 61, 62, 64, 65, 72, 75, 173

Planta 2, 12, 13, 21, 162, 163, 170

Pressão 22, 28, 29, 30, 35, 36, 96, 97, 98, 99, 100, 102, 103, 104, 105, 106, 137, 141

## Q

Qualidade 1, 2, 11, 12, 21, 27, 35, 56, 57, 71, 76, 79, 81, 83, 99, 123, 129, 155, 169, 170, 171, 176, 177, 178

## S

Sistema 3, 4, 5, 6, 7, 10, 13, 15, 18, 20, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 40, 42, 43, 44, 46, 48, 49, 50, 51, 52, 54, 55, 58, 62, 65, 66, 67, 70, 72, 97, 98, 99, 102, 108, 109, 110, 114, 115, 116, 117, 119, 124, 125, 126, 147, 149, 152, 153, 157, 159, 161, 162, 166, 167, 178, 179, 185, 186

## T

Técnica 1, 13, 15, 21, 74, 75, 79, 84, 88, 95, 112, 176, 184, 191, 192, 193

Tubo endotraqueal 96, 97, 106

## U

Usuários 18, 23, 80, 179, 184

## V

Validação 75, 78, 82, 84

Vegetal 1, 2, 5, 11, 13, 14, 162, 163, 166, 169

Veículos aéreos 61, 108, 109

Ventilação mecânica 96, 97, 98, 106

 **Atena**  
Editora

**2 0 2 0**