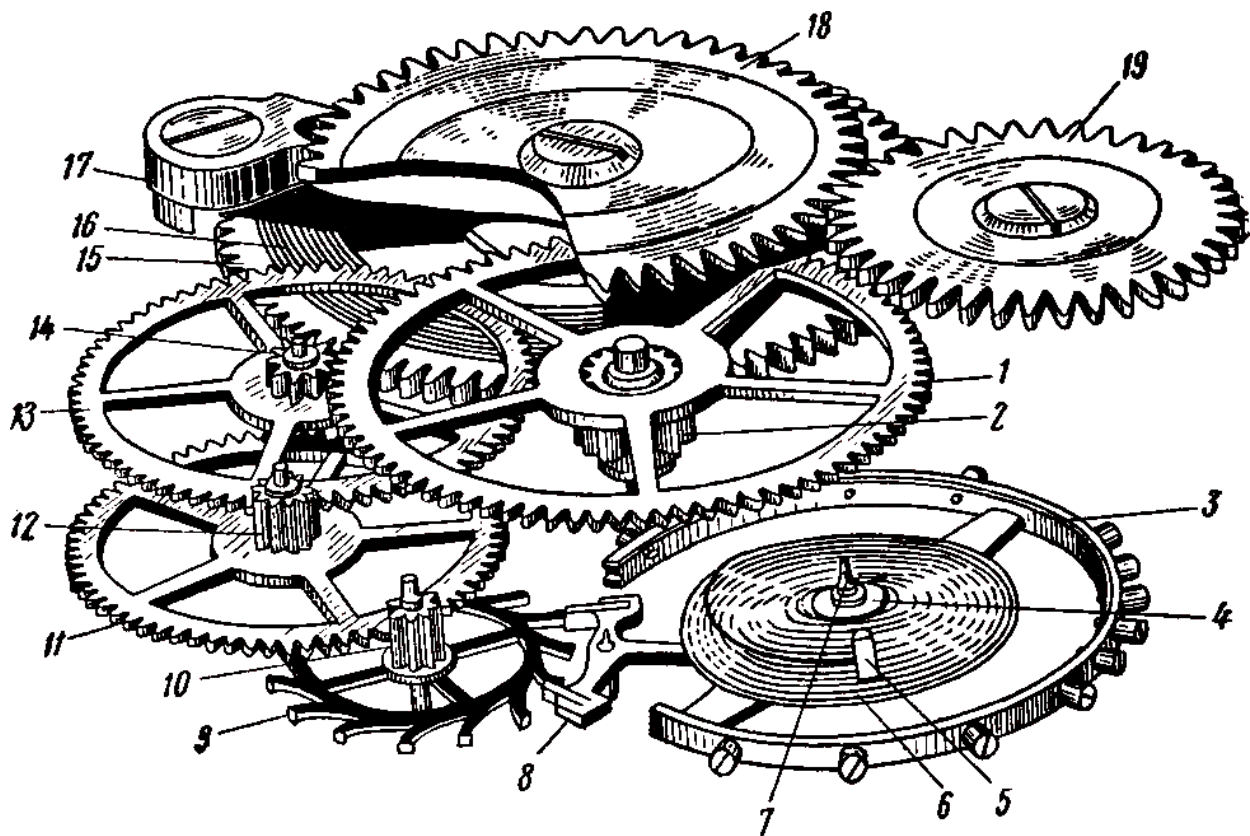


# Sistemas Operacionais: Conceitos e Mecanismos

Prof. Carlos A. Maziero



Catálogo na Fonte: Sistema de Bibliotecas, UFPR  
Biblioteca de Ciência e Tecnologia

M476s

Maziero, Carlos Alberto

Sistemas operacionais: conceitos e mecanismos [recurso eletrônico] /  
Carlos Alberto Maziero. – Curitiba : DINF - UFPR, 2019.

456 p. : il.; color.

ISBN: 978-85-7335-340-2. (E-book)

Inclui bibliografia.

1. Sistemas operacionais (Computadores). 2. Programação de sistemas  
(Computação). 3. Gerenciamento de memória (Computação). 4. Segurança  
de sistemas. I. Universidade Federal do Paraná. II. DINF -UFPR. III. Título.

CDD: 005.43

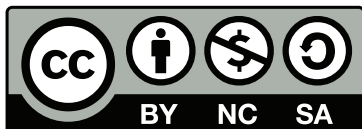
Bibliotecária: Vanusa Maciel CRB- 9/1928

## Sistemas Operacionais: Conceitos e Mecanismos

© Carlos Alberto Maziero, 2013-2019

ISBN: 978-85-7335-340-2

**Sobre o autor:** Carlos A. Maziero é professor do Depto de Informática da Universidade Federal do Paraná (UFPR) desde 2015. Anteriormente, foi professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) entre 2011 e 2015, professor da Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR) entre 1998 e 2011 e professor da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) de 1996 a 1998. Formado em Engenharia Elétrica (UFSC, 1988), tem Mestrado em Engenharia Elétrica (UFSC, 1990), Doutorado em Informática (Université de Rennes I - França, 1994) e Pós-Doutorados na Università degli Studi di Milano – Italia (2009) e no IRISA/INRIA Rennes – França (2018). Atua em ensino e pesquisa nas áreas de sistemas operacionais, sistemas distribuídos e segurança de sistemas.



Texto licenciado sob a Licença *Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported* da *Creative Commons* (CC). Em resumo, você deve creditar a obra da forma especificada pelo autor ou licenciante (mas não de maneira que sugira que estes concedem qualquer aval a você ou ao seu uso da obra). Você não pode usar esta obra para fins comerciais. Se você alterar, transformar ou criar com base nesta obra, você poderá distribuir a obra resultante apenas sob a mesma licença, ou sob uma licença similar à presente. Para ver uma cópia desta licença, visite <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>.

Este texto foi produzido usando exclusivamente software livre: Sistema Operacional *GNU/Linux* (distribuições *Fedora* e *Ubuntu*), compilador de texto  $\text{\LaTeX} 2_{\epsilon}$ , gerenciador de referências *BibTeX*, editor gráfico *Inkscape*, criadores de gráficos *GNUPlot* e *GraphViz* e processador PS/PDF *GhostScript*, entre outros. Algumas figuras do texto usam ícones de <https://www.creativetail.com> e de outras fontes, sob licença *Creative Commons*.

Capa: *Clockwork diagram on rough paper from ancient book*, por Vvoronov, ID Shutterstock 47963683.

Versão compilada em 3 de março de 2025.

# Prefácio

Os sistemas operacionais são elementos fundamentais para o funcionamento de praticamente qualquer sistema de computação, dos minúsculos sistemas embarcados e telefones celulares aos gigantescos centros de processamento de dados das grandes empresas. Apesar da imensa diversidade de sistemas operacionais existentes, eles tentam resolver problemas de mesma natureza e seguem basicamente os mesmos princípios.

Conhecer sistemas operacionais a fundo não é algo reservado a *hackers*, mas importante para todo profissional de computação, pois os mecanismos implementados pelo sistema operacional afetam diretamente o comportamento e o desempenho das aplicações. Além disso, o sistema operacional é uma peça chave na configuração de serviços de rede e na segurança do sistema.

Existem muitos livros de sistemas operacionais disponíveis no mercado, quase todos muito bons, escritos por profissionais reconhecidos mundialmente. Entretanto, bons livros de Sistemas Operacionais podem custar centenas de reais, o que os torna inacessíveis a uma parcela significativa da população. Este livro seria apenas mais uma opção de compra nas livrarias, não fosse por um pequeno detalhe: foi concebido como um Livro Aberto, desde seu início. Um Livro Aberto (do inglês *Open Book*) é um livro amplamente disponível na Internet em formato digital, sem custo. No exterior, muitos *open books* estão também disponíveis nas livrarias, para aquisição em formato impresso.

Eu acredito que “inclusão digital” não significa somente permitir o acesso a computadores à parcela mais pobre da população, mas também desmistificar o funcionamento dessa tecnologia e incentivar seu estudo, para fomentar as próximas gerações de técnicos, engenheiros e cientistas, vindas de todas as classes sociais. Nosso país não pode mais se dar ao luxo de desperdiçar pessoas inteligentes somente porque são pobres.

Prof. Carlos Maziero, Dr.

# Agradecimentos

Este texto é fruto de alguns anos de trabalho. Embora eu o tenha redigido sozinho, ele nunca teria se tornado uma realidade sem a ajuda e o apoio de muitas pessoas, de várias formas. Em primeiro lugar, agradeço à minha família, pelas incontáveis horas em que me subtraí de seu convívio para me dedicar a este trabalho.

Agradeço também a todos os docentes e estudantes que utilizaram este material, pelas inúmeras correções e sugestões de melhoria. Em particular, meus agradecimentos a Alexandre Koutton, Altair Santin, André Wosniack, Antônio Barros, Antônio Gonçalves, Carlos Roland, Carlos Silla, Diogo Olsen, Dorgival Guedes, Douglas da Costa, Fabiano Beraldo, Francisco Miamoto, Fred Maranhão, Jeferson Amend, Marcos Laureano, Paulo Resende, Rafael Hamasaki, Rafael Obelheiro, Rodrigo Piovezan, Richard Reichardt, Silvana Rossetto, Tadeu Ribeiro Reis, Thayse Solis, Thiago Ferreira, Thiago Vieira, Urlan de Barros e Vagner Sacramento.

Desejo expressar meu mais profundo respeito pelos autores dos grandes clássicos de Sistemas Operacionais, como Andrew Tanenbaum e Abraham Silberschatz, que iluminaram meus passos nesta área e que seguem como referências inequívocas e incontornáveis.

Agradeço à Pontifícia Universidade Católica do Paraná, onde fui professor de Sistemas Operacionais por 13 anos, pelas condições de trabalho que me permitiram dedicar-me a esta empreitada. Também à Universidade Tecnológica Federal do Paraná, onde trabalhei de 2011 a 2015, e à UFPR, onde trabalho desde 2015, pelas mesmas razões.

Dedico os capítulos sobre segurança computacional deste livro aos colegas docentes e pesquisadores do Departamento de Tecnologias da Informação da Universidade de Milão em Crema, onde estive em um pós-doutorado no ano de 2009, com uma bolsa CAPES/MEC. Os capítulos sobre virtualização são dedicados à equipe ADEPT IRI-SA/INRIA, Université de Rennes 1 - França, na qual pude passar três meses agradáveis e produtivos durante o inverno 2007-08, como professor/pesquisador convidado.

Carlos Maziero

Curitiba PR, Abril de 2019

# Sumário

<b>Parte I: Introdução</b>	<b>1</b>
<b>1 Conceitos básicos.</b>	<b>2</b>
1.1 Objetivos de um SO.	2
<i>Abstração de recursos</i>	3
<i>Gerência de recursos</i>	4
1.2 Funcionalidades.	5
1.3 Categorias	7
1.4 Um breve histórico dos SOs	9
<b>2 Estrutura de um SO</b>	<b>13</b>
2.1 Elementos do sistema operacional	13
2.2 Elementos de hardware	15
<i>Arquitetura do computador</i>	15
<i>Interrupções e exceções</i>	17
<i>Níveis de privilégio</i>	20
2.3 Chamadas de sistema.	21
<b>3 Arquiteturas de SOs</b>	<b>27</b>
3.1 Sistemas monolíticos	27
3.2 Sistemas micronúcleo.	28
3.3 Sistemas em camadas.	30
3.4 Sistemas híbridos	31
3.5 Arquiteturas avançadas	32
<i>Máquinas virtuais</i>	32
<i>Contêineres</i>	33
<i>Sistemas exonúcleo</i>	34
<i>Sistemas uninúcleo</i>	35
<b>Parte II: Gestão de tarefas</b>	<b>39</b>
<b>4 O conceito de tarefa</b>	<b>40</b>
4.1 Objetivos	40
4.2 O conceito de tarefa.	41
4.3 A gerência de tarefas	42
<i>Sistemas monotarefa</i>	42
<i>O monitor de sistema</i>	43

	<i>Sistemas multitarefas.</i>	44
	<i>Sistemas de tempo compartilhado</i>	44
4.4	Ciclo de vida das tarefas	47
<b>5</b>	<b>Implementação de tarefas</b>	<b>51</b>
5.1	Contextos	51
5.2	Trocas de contexto	52
5.3	Processos.	54
	<i>O conceito de processo</i>	54
	<i>Gestão de processos.</i>	55
	<i>Hierarquia de processos</i>	57
5.4	Threads.	58
	<i>Definição de thread</i>	58
	<i>Modelos de threads</i>	59
	<i>Programando com threads.</i>	62
5.5	Uso de processos <i>versus threads</i>	65
<b>6</b>	<b>Escalonamento de tarefas</b>	<b>70</b>
6.1	Tipos de tarefas	70
6.2	Objetivos e métricas	71
6.3	Escalonamento preemptivo e cooperativo	72
6.4	Algoritmos de escalonamento de tarefas.	72
	<i>First-Come, First Served (FCFS)</i>	73
	<i>Round-Robin (RR)</i>	74
	<i>Shortest Job First (SJF).</i>	75
	<i>Shortest Remaining Time First (SRTF)</i>	76
	<i>Escalonamento por prioridades fixas (PRIOc, PRIOp)</i>	77
	<i>Escalonamento por prioridades dinâmicas (PRIOd).</i>	79
	<i>Definição de prioridades</i>	81
	<i>Comparação entre os algoritmos apresentados.</i>	82
	<i>Outros algoritmos de escalonamento.</i>	82
6.5	Escalonadores reais	83
<b>7</b>	<b>Tópicos em gestão de tarefas</b>	<b>86</b>
7.1	Inversão e herança de prioridades	86

### **Parte III: Interação entre tarefas** **91**

<b>8</b>	<b>Comunicação entre tarefas</b>	<b>92</b>
8.1	Objetivos.	92
8.2	Escopo da comunicação	93
8.3	Aspectos da comunicação	94
	<i>Comunicação direta ou indireta</i>	94
	<i>Sincronismo</i>	94
	<i>Formato de envio</i>	96
	<i>Capacidade dos canais</i>	98
	<i>Confiabilidade dos canais.</i>	98
	<i>Número de participantes</i>	100

<b>9</b>	<b>Mecanismos de comunicação . . . . .</b>	<b>103</b>
9.1	Pipes . . . . .	103
9.2	Filas de mensagens . . . . .	105
9.3	Memória compartilhada . . . . .	107
<b>10</b>	<b>Coordenação entre tarefas. . . . .</b>	<b>112</b>
10.1	O problema da concorrência. . . . .	112
	<i>Uma aplicação concorrente. . . . .</i>	<i>112</i>
	<i>Condições de disputa . . . . .</i>	<i>113</i>
	<i>Condições de Bernstein. . . . .</i>	<i>115</i>
	<i>Seções críticas . . . . .</i>	<i>115</i>
10.2	Exclusão mútua . . . . .	116
	<i>Inibição de interrupções . . . . .</i>	<i>117</i>
	<i>A solução trivial . . . . .</i>	<i>117</i>
	<i>Alternância de uso . . . . .</i>	<i>118</i>
	<i>O algoritmo de Peterson . . . . .</i>	<i>119</i>
	<i>Operações atômicas. . . . .</i>	<i>119</i>
10.3	Problemas . . . . .	121
<b>11</b>	<b>Mecanismos de coordenação . . . . .</b>	<b>123</b>
11.1	Semáforos . . . . .	123
11.2	Mutexes . . . . .	126
11.3	Variáveis de condição. . . . .	127
11.4	Monitores . . . . .	129
<b>12</b>	<b>Problemas clássicos . . . . .</b>	<b>134</b>
12.1	Produtores/consumidores . . . . .	134
	<i>Solução usando semáforos . . . . .</i>	<i>135</i>
	<i>Solução usando variáveis de condição . . . . .</i>	<i>136</i>
12.2	Leitores/escritores. . . . .	137
	<i>Solução simplista. . . . .</i>	<i>137</i>
	<i>Solução com priorização dos leitores . . . . .</i>	<i>139</i>
12.3	O jantar dos selvagens . . . . .	140
12.4	O jantar dos filósofos . . . . .	141
<b>13</b>	<b>Impasses. . . . .</b>	<b>148</b>
13.1	Exemplo de impasse . . . . .	148
13.2	Condições para impasses. . . . .	150
13.3	Grafos de alocação de recursos . . . . .	151
13.4	Técnicas de tratamento de impasses . . . . .	152
	<i>Prevenção de impasses . . . . .</i>	<i>153</i>
	<i>Impedimento de impasses . . . . .</i>	<i>154</i>
	<i>Deteção e resolução de impasses. . . . .</i>	<i>155</i>
	<b>Parte IV: Gestão da memória</b>	<b>160</b>
<b>14</b>	<b>Hardware de memória. . . . .</b>	<b>161</b>
14.1	Tipos de memória . . . . .	161



14.2	A memória física . . . . .	163
14.3	Espaço de endereçamento . . . . .	163
14.4	A memória virtual . . . . .	164
14.5	Memória virtual por partições. . . . .	165
14.6	Memória virtual por segmentos. . . . .	167
14.7	Memória virtual por páginas . . . . .	170
	<i>A tabela de páginas. . . . .</i>	170
	<i>Flags de status e controle. . . . .</i>	172
	<i>Tabelas multiníveis. . . . .</i>	173
	<i>Cache da tabela de páginas. . . . .</i>	175
14.8	Segmentos e páginas . . . . .	178
14.9	Localidade de referências . . . . .	178
<b>15</b>	<b>Uso da memória . . . . .</b>	<b>184</b>
15.1	Espaço de endereçamento virtual de um processo . . . . .	184
15.2	A memória de um processo . . . . .	185
15.3	Alocação de variáveis. . . . .	187
	<i>Alocação estática . . . . .</i>	187
	<i>Alocação automática . . . . .</i>	188
	<i>Alocação dinâmica . . . . .</i>	189
15.4	Atribuição de endereços . . . . .	190
<b>16</b>	<b>Alocação de memória . . . . .</b>	<b>194</b>
16.1	Alocadores de memória . . . . .	194
16.2	Alocação básica . . . . .	195
16.3	Fragmentação . . . . .	196
	<i>Estratégias de alocação . . . . .</i>	197
	<i>Desfragmentação . . . . .</i>	197
	<i>Fragmentação interna . . . . .</i>	198
16.4	O alocador Buddy. . . . .	199
16.5	O alocador Slab . . . . .	200
16.6	Alocação no espaço de usuário . . . . .	202
<b>17</b>	<b>Paginação em disco. . . . .</b>	<b>205</b>
17.1	Estendendo a memória RAM . . . . .	205
17.2	A paginação em disco . . . . .	206
	<i>Mecanismo básico . . . . .</i>	206
	<i>Eficiência . . . . .</i>	209
	<i>Critérios de seleção . . . . .</i>	210
17.3	Algoritmos clássicos . . . . .	210
	<i>Cadeia de referências . . . . .</i>	211
	<i>Algoritmo FIFO . . . . .</i>	211
	<i>Algoritmo Ótimo. . . . .</i>	211
	<i>Algoritmo LRU. . . . .</i>	212
	<i>Algoritmo RANDOM . . . . .</i>	214
	<i>Comparação entre algoritmos . . . . .</i>	214

17.4	Aproximações do algoritmo LRU . . . . .	215
	<i>Algoritmo da segunda chance</i> . . . . .	216
	<i>Algoritmo NRU</i> . . . . .	216
	<i>Algoritmo do envelhecimento</i> . . . . .	217
17.5	Conjunto de trabalho . . . . .	218
17.6	A anomalia de Belady . . . . .	220
17.7	Thrashing . . . . .	221
<b>18</b>	<b>Tópicos em gestão de memória.</b> . . . .	<b>226</b>
18.1	Compartilhamento de memória. . . . .	226
18.2	Copy-on-write (COW) . . . . .	228
18.3	Mapeamento de arquivo em memória . . . . .	230

## **Parte V: Gestão de entrada/saída** **233**

<b>19</b>	<b>Hardware de entrada/saída</b> . . . . .	<b>234</b>
19.1	Introdução . . . . .	234
19.2	Componentes de um dispositivo . . . . .	235
19.3	Barramentos de acesso . . . . .	237
19.4	Interface de acesso . . . . .	239
19.5	Endereçamento de portas . . . . .	241
19.6	Interrupções . . . . .	242
<b>20</b>	<b>Software de entrada/saída.</b> . . . .	<b>247</b>
20.1	Introdução . . . . .	247
20.2	Arquitetura de software de entrada/saída . . . . .	247
20.3	Classes de dispositivos . . . . .	248
20.4	<i>Drivers</i> de dispositivos . . . . .	250
20.5	Estratégias de interação . . . . .	251
	<i>Interação controlada por programa.</i> . . . .	251
	<i>Interação controlada por eventos.</i> . . . .	253
	<i>Acesso direto à memória</i> . . . . .	255
20.6	Tratamento de interrupções . . . . .	257
<b>21</b>	<b>Dispositivos de armazenamento</b> . . . . .	<b>260</b>
21.1	Discos rígidos . . . . .	260
	<i>Estrutura física.</i> . . . .	261
	<i>Escalonamento de acessos</i> . . . . .	262
21.2	Sistemas RAID . . . . .	267
21.3	Dispositivos de estado sólido . . . . .	273
	<i>Memória flash</i> . . . . .	273
	<i>Estrutura de um SSD</i> . . . . .	274
	<i>Camada de tradução flash</i> . . . . .	275
	<i>Estratégia de escrita e apagamento.</i> . . . .	276
	<i>Nivelamento de desgaste</i> . . . . .	278
	<i>O comando TRIM</i> . . . . .	279
	<i>Amplificação de escritas</i> . . . . .	279
	<i>Provisionamento em excesso</i> . . . . .	280

21.4	Interface de acesso . . . . .	281
------	-------------------------------	-----

## **Parte VI: Gestão de arquivos** **284**

<b>22</b>	<b>O conceito de arquivo . . . . .</b>	<b>285</b>
22.1	Elementos básicos. . . . .	285
22.2	Atributos e operações. . . . .	286
22.3	Formatos de arquivos. . . . .	288
	<i>Sequência de bytes</i> . . . . .	288
	<i>Arquivos de registros</i> . . . . .	288
	<i>Arquivos de texto</i> . . . . .	289
	<i>Arquivos de código</i> . . . . .	290
	<i>Identificação de conteúdo</i> . . . . .	291
22.4	Arquivos especiais . . . . .	292
<b>23</b>	<b>Uso de arquivos. . . . .</b>	<b>295</b>
23.1	Introdução . . . . .	295
23.2	Interface de acesso . . . . .	295
	<i>Descritores de arquivos</i> . . . . .	297
	<i>A abertura de um arquivo</i> . . . . .	297
23.3	Formas de acesso . . . . .	298
	<i>Acesso sequencial</i> . . . . .	298
	<i>Acesso aleatório</i> . . . . .	299
	<i>Acesso mapeado em memória</i> . . . . .	299
	<i>Acesso indexado</i> . . . . .	299
23.4	Compartilhamento de arquivos . . . . .	300
	<i>Travas em arquivos</i> . . . . .	300
	<i>Semântica de acesso</i> . . . . .	301
23.5	Controle de acesso . . . . .	303
23.6	Interface de acesso . . . . .	304
<b>24</b>	<b>Sistemas de arquivos . . . . .</b>	<b>308</b>
24.1	Introdução . . . . .	308
24.2	Arquitetura geral . . . . .	308
24.3	Espaços de armazenamento . . . . .	310
	<i>Discos e partições</i> . . . . .	310
	<i>Montagem de volumes</i> . . . . .	311
24.4	Gestão de blocos . . . . .	313
	<i>Blocos físicos e lógicos</i> . . . . .	313
	<i>Caching de blocos</i> . . . . .	314
24.5	Alocação de arquivos. . . . .	315
	<i>Alocação contígua</i> . . . . .	316
	<i>Alocação encadeada simples</i> . . . . .	318
	<i>Alocação encadeada FAT</i> . . . . .	319
	<i>Alocação indexada simples</i> . . . . .	320
	<i>Alocação indexada multinível</i> . . . . .	322
	<i>Alocação por extensões</i> . . . . .	325
	<i>Análise comparativa</i> . . . . .	327

24.6	Gestão do espaço livre . . . . .	327
24.7	Falhas e recuperação . . . . .	328
	<i>Verificação do sistema de arquivos</i> . . . . .	329
	<i>Sistemas de arquivos com registro (journal)</i> . . . . .	330
	<i>Sistemas de arquivos copy-on-write (CoW)</i> . . . . .	331
24.8	Exemplo: o sistema de arquivos Ext4. . . . .	331
<b>25</b>	<b>Diretórios e atalhos</b> . . . . .	<b>337</b>
25.1	Diretórios . . . . .	337
25.2	Caminhos de acesso . . . . .	339
25.3	Implementação de diretórios . . . . .	340
25.4	Atalhos . . . . .	341
25.5	Implementação de atalhos . . . . .	342
25.6	Tradução dos caminhos de acesso. . . . .	344

## **Parte VII: Segurança** **348**

<b>26</b>	<b>Conceitos básicos de segurança</b> . . . . .	<b>349</b>
26.1	Propriedades e princípios de segurança . . . . .	349
26.2	Ameaças . . . . .	351
26.3	Vulnerabilidades . . . . .	352
26.4	Ataques . . . . .	354
26.5	Malwares. . . . .	356
26.6	Infraestrutura de segurança . . . . .	357
<b>27</b>	<b>Fundamentos de criptografia</b> . . . . .	<b>362</b>
27.1	Terminologia. . . . .	362
27.2	Cifradores, chaves e espaço de chaves . . . . .	363
27.3	O cifrador de Vernam-Mauborgne . . . . .	364
27.4	Criptografia simétrica . . . . .	366
	<i>Cifradores de substituição e de transposição</i> . . . . .	366
	<i>Cifradores de fluxo e de bloco</i> . . . . .	369
27.5	O acordo de chaves de Diffie-Hellman-Merkle . . . . .	371
27.6	Criptografia assimétrica . . . . .	373
27.7	Criptografia híbrida. . . . .	375
27.8	Resumo criptográfico. . . . .	376
27.9	Assinatura digital . . . . .	378
27.10	Certificado de chave pública. . . . .	379
27.11	Infraestrutura de chaves públicas. . . . .	380
<b>28</b>	<b>Autenticação</b> . . . . .	<b>384</b>
28.1	Introdução . . . . .	384
28.2	Usuários e grupos. . . . .	384
28.3	Estratégias de autenticação . . . . .	385
28.4	Senhas . . . . .	386
28.5	Senhas descartáveis. . . . .	387
28.6	Técnicas biométricas . . . . .	388
28.7	Desafio/resposta. . . . .	390

28.8	Certificados de autenticação . . . . .	391
28.9	Infraestruturas de autenticação . . . . .	392
28.10	Kerberos . . . . .	393
<b>29</b>	<b>Controle de acesso . . . . .</b>	<b>397</b>
29.1	Terminologia. . . . .	397
29.2	Políticas, modelos e mecanismos . . . . .	397
29.3	Políticas discricionárias. . . . .	399
	<i>Matriz de controle de acesso . . . . .</i>	399
	<i>Tabela de autorizações . . . . .</i>	400
	<i>Listas de controle de acesso. . . . .</i>	401
	<i>Listas de capacidades . . . . .</i>	402
29.4	Políticas obrigatórias . . . . .	403
	<i>Modelo de Bell-LaPadula. . . . .</i>	404
	<i>Modelo de Biba . . . . .</i>	404
	<i>Categorias . . . . .</i>	406
29.5	Políticas baseadas em domínios e tipos. . . . .	406
29.6	Políticas baseadas em papéis . . . . .	408
29.7	Mecanismos de controle de acesso . . . . .	409
	<i>Infraestrutura básica . . . . .</i>	410
	<i>Controle de acesso em UNIX. . . . .</i>	411
	<i>Controle de acesso em Windows . . . . .</i>	413
	<i>Outros mecanismos . . . . .</i>	413
29.8	Mudança de privilégios . . . . .	415
<b>30</b>	<b>Mecanismos de auditoria . . . . .</b>	<b>426</b>
30.1	Introdução . . . . .	426
30.2	Coleta de dados . . . . .	426
30.3	Análise de dados . . . . .	428
30.4	Auditoria preventiva . . . . .	429
	<b>Parte VIII: Virtualização . . . . .</b>	<b>432</b>
<b>31</b>	<b>O conceito de virtualização . . . . .</b>	<b>433</b>
31.1	Um breve histórico . . . . .	433
31.2	Interfaces de sistema . . . . .	434
31.3	Compatibilidade entre interfaces . . . . .	435
31.4	Virtualização de interfaces . . . . .	437
31.5	Virtualização versus abstração . . . . .	439
<b>32</b>	<b>Tipos de máquinas virtuais . . . . .</b>	<b>441</b>
32.1	Critérios de classificação . . . . .	441
32.2	Máquinas virtuais de sistema . . . . .	442
32.3	Máquinas virtuais de sistema operacional . . . . .	444
32.4	Máquinas virtuais de processo . . . . .	446

<b>33</b>	<b>Construção de máquinas virtuais</b>	<b>450</b>
33.1	Definição formal	450
33.2	Suporte de hardware	452
33.3	Níveis de virtualização	454
33.4	Técnicas de virtualização	456
	<i>Emulação completa</i>	456
	<i>Virtualização da interface de sistema</i>	457
	<i>Tradução dinâmica</i>	457
	<i>Paravirtualização</i>	458
33.5	Aspectos de desempenho	460
33.6	Migração de máquinas virtuais	461
<b>34</b>	<b>Virtualização na prática</b>	<b>464</b>
34.1	Aplicações da virtualização	464
34.2	Ambientes de máquinas virtuais	465
	<i>VMware</i>	466
	<i>Xen</i>	466
	<i>QEMU</i>	467
	<i>KVM</i>	468
	<i>Docker</i>	469
	<i>JVM</i>	469
	<i>FreeBSD Jails</i>	470
	<i>Valgrind</i>	471
	<i>User-Mode Linux</i>	471
	<b>Apêndices</b>	<b>473</b>
<b>A</b>	<b>O descritor de tarefa do Linux</b>	<b>474</b>