

## Lista de Exercícios

### Cláusulas Definidas Proposicionais, Horn Clauses, Diagnóstico por Consistência e Abdução

#### Instruções gerais

- Indique claramente quaisquer suposições adicionais que você fizer.
- Quando for pedido para “simular o algoritmo”, apresente os conjuntos intermediários (*estados*) usados na execução (por exemplo, os conjuntos  $C$  ou  $G$ ).
- Nos exercícios conceituais, responda em poucas linhas, com foco na precisão.

## 1 Cláusulas definidas proposicionais

- 1.1) Diga, para cada uma das fórmulas abaixo, se ela é:

- uma cláusula definida (regra ou fato),
- ou não é uma cláusula definida.

Justifique brevemente.

- (a)  $\text{apple\_is\_eaten}.$
- (b)  $\text{apple\_is\_eaten} \leftarrow \text{bird\_eats\_apple}.$
- (c)  $\neg\text{apple\_is\_eaten}.$
- (d)  $\text{happy} \vee \text{sad} \vee \neg\text{alive}.$
- (e)  $\text{sam\_is\_in\_room} \wedge \text{night\_time} \leftarrow \text{switch\_1\_is\_up}.$
- (f)  $\text{lit\_l2} \leftarrow \text{light\_l2} \wedge \text{live\_l2} \wedge \text{ok\_l2}.$

- 1.2) Mostre, para cada cláusula definida abaixo, uma cláusula equivalente na forma disjuntiva (com  $\vee$  e negações de átomos):

- (a)  $h \leftarrow a \wedge b \wedge c.$
- (b)  $p \leftarrow q.$
- (c)  $r.$

Escreva as fórmulas resultantes utilizando apenas  $\vee$  e  $\neg$ .

- 1.3) Considere a cláusula

$$\text{wet\_grass} \leftarrow \text{raining} \wedge \text{sprinkler\_on}.$$

Dê um exemplo de interpretação  $I$  (atribuição de verdadeiro/falso para cada átomo) em que essa cláusula é:

- (a) verdadeira em  $I$ ;
- (b) falsa em  $I$ .

Explique por que em cada caso.

- 1.4) Modele em termos de cláusulas definidas proposicionais as seguintes sentenças:

- (a) “Uma pessoa está feliz se ela passou na prova e está saudável.”
- (b) “Uma disciplina é concluída se todas as suas atividades foram entregues.”
- (c) “Um aluno é aprovado se concluiu a disciplina e tirou nota final maior ou igual a 60.”

Use nomes de átomos em inglês, por exemplo:  $\text{happy}(X)$  não é permitido (apenas proposicional), então use átomos proposicionais como  $\text{passed}$ ,  $\text{healthy}$ , etc.

## 2 Procedimentos de prova: bottom-up e top-down

- 2.1) Considere a base de conhecimento  $KB$ :

$$\begin{aligned} a &\leftarrow b \wedge c. \\ d. \\ b &\leftarrow d \wedge e. \\ e. \\ b &\leftarrow g \wedge e. \\ f &\leftarrow a \wedge g. \\ c &\leftarrow e. \end{aligned}$$

- (a) Usando o procedimento de prova bottom-up (encadeamento para frente), construa a sequência de conjuntos  $C$  (conjuntos de átomos derivados) até o ponto fixo.
- (b) Indique quais átomos são consequências lógicas de  $KB$  (isto é, quais pertencem a  $C$  no final).
- (c) Explique por que  $f$  e  $g$  não devem ser derivados pelo procedimento.

- 2.2) (Top-down: derivação bem-sucedida – fácil) Usando a mesma base de conhecimento do exercício anterior, construa uma derivação top-down (SLD) para a consulta:

$\text{ask } a.$

- (a) Apresente a sequência de cláusulas-resposta (ou conjuntos de subobjetivos  $G$ ) até chegar a  $\text{yes} \leftarrow$  (ou  $G = \emptyset$ ).
- (b) Indique, em cada passo, qual cláusula de  $KB$  foi utilizada.

- 2.3) Ainda com a mesma  $KB$ , construa uma derivação top-down para a consulta  $\text{ask } a.$  que:

- em algum passo, ao provar  $b$ , escolha a regra  $b \leftarrow g \wedge e$ .

Mostre explicitamente por que esse ramo de prova falha.

**2.4)** Responda em poucas linhas:

- Em que sentido o procedimento bottom-up é *completo* e *correto* para bases de cláusulas definidas proposicionais?
- Em que sentido o procedimento top-down pode ser mais eficiente do que o bottom-up, mesmo podendo reprovar átomos múltiplas vezes?
- Dê um exemplo de situação em que o procedimento top-down pode entrar em laço infinito, enquanto o bottom-up termina.

### 3 Horn clauses, *false* e prova por contradição (fáceis e médios)

**3.1)** Considere a integridade:

$$\textit{false} \leftarrow \textit{alarm} \wedge \textit{quiet}.$$

- Escreva a fórmula equivalente usando apenas  $\vee$  e  $\neg$  (sem  $\leftarrow$  e sem  $\textit{false}$ ).
- Descreva em linguagem natural o que essa restrição está dizendo sobre o mundo.

**3.2)** Considere a base de conhecimento  $KB_1$ :

$$\begin{aligned} \textit{false} &\leftarrow a \wedge b. \\ a &\leftarrow c. \\ b &\leftarrow c. \end{aligned}$$

- Mostre que não existe modelo de  $KB_1$  em que  $c$  seja verdadeiro.
- Conclua explicitamente qual fórmula da forma  $\neg p$  é implicada por  $KB_1$  (isto é,  $KB_1 \models \neg \cdot$ ).

**3.3)** (Disjunções de negações – médio) Considere a base de conhecimento  $KB_2$ :

$$\begin{aligned} \textit{false} &\leftarrow a \wedge b. \\ a &\leftarrow c. \\ b &\leftarrow d. \\ b &\leftarrow e. \end{aligned}$$

- Mostre que em todo modelo de  $KB_2$ , vale  $\neg c \vee \neg d$ .
- Mostre que em todo modelo de  $KB_2$ , vale também  $\neg c \vee \neg e$ .
- Interprete essas duas fórmulas em linguagem natural.

**3.4)** Analise o conjunto de cláusulas

$$\{a, \textit{false} \leftarrow a\}.$$

- Existe algum modelo que satisfaça as duas cláusulas simultaneamente? Justifique.
- Explique por que esse conjunto é um exemplo de base de Horn clauses insatisfatível.

### 4 Assumíveis, conflitos e diagnóstico por consistência

**4.1)** Explique, em poucas linhas:

- O que é um *assumível* em uma base de Horn clauses?
- O que é um *conflito* associado a um conjunto de assumíveis?
- O que é um *conflito mínimo*?

**4.2)** Considere novamente  $KB_2$ :

$$\begin{aligned} \textit{false} &\leftarrow a \wedge b. \\ a &\leftarrow c. \\ b &\leftarrow d. \\ b &\leftarrow e. \end{aligned}$$

Suponha que o conjunto de assumíveis seja

$$A = \{c, d, e, f, g, h\}.$$

- Mostre que  $\{c, d\}$  é um conflito de  $KB_2$  em relação a  $A$ .
- Mostre que  $\{c, e\}$  também é um conflito.
- Explique por que  $\{c, d, e, h\}$  é um conflito, mas não é um conflito mínimo.

**4.3)** Em poucas linhas, discuta:

- Por que dizer que  $KB \models \neg c_1 \vee \dots \vee \neg c_r$  é equivalente a dizer que  $\{c_1, \dots, c_r\}$  é um conflito?
- De que forma essa visão (como disjunção de negações) ajuda a interpretar conflitos em aplicações de diagnóstico?

**4.4)** Considere o exemplo do circuito elétrico com dois conflitos mínimos:

$$C_1 = \{\textit{ok\_cb1}, \textit{ok\_s1}, \textit{ok\_s2}, \textit{ok\_l1}\}, \quad C_2 = \{\textit{ok\_cb1}, \textit{ok\_s3}, \textit{ok\_l2}\}.$$

- Dê dois exemplos de *diagnósticos* (conjuntos de assumíveis) que intersectam ambos os conflitos.
- Dê um exemplo de diagnóstico que seja *mínimo* e outro que não seja.

- (c) Explique em linguagem natural o que significa dizer que um diagnóstico é mínimo.
- 4.5)** Modele, de forma proposicional, um pequeno sistema de diagnóstico para um computador que não liga. Defina:
- alguns átomos para componentes (por exemplo, *ok\_psu*, *ok\_motherboard*, *ok\_power\_button*);
  - algumas regras explicando quando o computador liga (por exemplo, *turns\_on*);
  - pelo menos uma restrição de integridade;
  - um conjunto de assumíveis de normalidade.

Proponha uma observação (por exemplo, “computador não liga”) e descreva qualitativamente como conflitos e diagnósticos poderiam ser obtidos.

## 5 Abdução e explicações

- 5.1)** Explique, em poucas linhas:
- (a) A diferença entre dedução, indução e abdução.
  - (b) O que é um *cenário*  $\langle KB, A \rangle$ .
  - (c) O que é uma *explicação* de uma proposição  $g$  a partir de  $\langle KB, A \rangle$ .
  - (d) O que é uma explicação *mínima*.

- 5.2)** Considere o exemplo médico:

```

bronchitis ← influenza.
bronchitis ← smokes.
coughing ← bronchitis.
wheezing ← bronchitis.
fever ← influenza.
fever ← infection.
sore_throat ← influenza.
false ← smokes ∧ nonsmoker.

```

Assumíveis:

$$A = \{smokes, nonsmoker, influenza, infection\}.$$

Para cada observação abaixo, liste pelo menos uma explicação mínima:

- (a) *wheezing*.
- (b) *wheezing*  $\wedge$  *fever*.
- (c) *wheezing*  $\wedge$  *nonsmoker*.

Justifique brevemente por que as explicações são mínimas.

- 5.3)** Considere:

```

alarm ← tampering.
alarm ← fire.
smoke ← fire.

```

Assuma que os assumíveis são  $\{tampering, fire\}$ .

- (a) Dê todas as explicações mínimas para a observação *alarm*.
- (b) Dê todas as explicações mínimas para a observação *alarm*  $\wedge$  *smoke*.
- (c) Em linguagem natural, explique por que *smoke* “explica” o alarme neste caso.

- 5.4)** Em poucas linhas, discuta:

- (a) Duas diferenças importantes entre diagnóstico por consistência (CBD) e abdução.
- (b) Uma vantagem da abdução em relação ao CBD.
- (c) Uma desvantagem (ou dificuldade) da abdução em relação ao CBD.

- 5.5)** Modele um pequeno domínio abductivo para um sistema de *login*:

- Defina átomos para hipóteses como *wrong\_password*, *server\_down*, *user\_blocked*, etc.
- Defina átomos observáveis como *login\_failed*, *timeout*, *error\_message*.
- Escreva regras (Horn clauses) que relacionam hipóteses a observações (por exemplo, *login\_failed*  $\leftarrow$  *wrong\_password*).
- Considere uma observação concreta (por exemplo, “login falhou com mensagem de usuário bloqueado”) e indique possíveis explicações mínimas.

Não é necessário listar *todas* as explicações; dê pelo menos duas alternativas razoáveis e explique por que são cenários consistentes.