



Universidade de Coimbra  
Faculdade de Ciências e Tecnologia  
Departamento de Engenharia Informática

Dissertação de Mestrado 2006/2007

---

Geração de texto com base em ritmo



Hugo Ricardo Gonçalo Oliveira

Coimbra  
Julho 2007



Tese realizada sob a orientação do

Professor Doutor Fernando Amílcar Cardoso  
Professor Associado do Departamento de Engenharia Informática  
da Faculdade de Ciências e Tecnologia  
da Universidade de Coimbra

e do

Professor Doutor Francisco Câmara Pereira  
Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Informática  
da Faculdade de Ciências e Tecnologia  
da Universidade de Coimbra



# Resumo

Esta tese introduz o problema da geração de texto baseado em ritmo, mais precisamente a geração de uma letra de acordo com uma dada melodia.

Numa primeira fase a base para o sistema foi preparada. Foram implementados algoritmos para obter a divisão silábica e a identificação da sílaba tónica numa palavra e um método para calcular a força de cada tempo numa melodia. Foi criado um sistema de extracção de informação com o propósito de estudar as relações entre palavras e ritmo na letra de uma música.

Numa segunda fase foi desenvolvido um sistema gerador de letras. A sua arquitectura é descrita assim como as estratégias utilizadas na geração das letras. De forma a obter palavras foi criada uma base de dados relacional durante a primeira fase. Nela é possível encontrar não só as palavras mas também a sua categoria gramatical e alguns atributos morfológicos.

Algumas letras geradas serão mostradas e analisadas.

Na terceira e última fase o sistema foi alvo de validação recorrendo ao sistema de extracção de informação e alvo de avaliação por pessoas que se voluntariaram a responder a um inquérito.

Os resultados da extracção de informação, da validação e da avaliação são mostrados no fim do documento.



# Abstract

This thesis introduces the problem of text generation based on rhythm, more specifically the generation of lyrics for a given melody.

As a preliminary phase the system's basis was prepared. Algorithms for syllabic division and syllabic stress identification on a word. A method for calculating the strength of each beat of a melody were implemented. An information extraction system was created with the purpose of studying the correlations between words and rhythm in a song's lyrics.

In a second phase a system capable of generating lyrics was developed. Its architecture is described and so are the strategies used to accomplish lyrics generation. To get the words a relational database was created during the first phase. There we can find not only the words, but also their grammatical category and some morphological related attributes.

Some generated lyrics will be shown and discussed.

In the third and last phase the system was the object of validation with the help of the information extraction system and the object of evaluation by people that were asked to answer questions from an inquiry.

The information extraction, validation and evaluation results are shown in the end of the document.





# Agradecimentos

Começo por agradecer aos meus orientadores, os Professores Amílcar Cardoso e Francisco C. Pereira a supervisão, e disponibilidade de que sempre demonstraram. Aos elementos do AILab, aos participantes no IJWCC'07 e aos membros do júri que assistiram às minhas várias apresentações e discutiram comigo acerca do trabalho, tendo dado algumas sugestões.

À Clara e à minha mãe pela paciência e por todo o restante apoio. À D. Fernanda e ao resto da minha família, em especial à minha avó Saudade, a mais provável responsável por eu ter recebido o “gene” do interesse pela música e poesia. Aos respondentes dos inquéritos pelo tempo que dispuseram e a todos os que sempre me apoiaram e acreditaram em mim.

Gostaria ainda de agradecer à Graça o apoio que me deu relativamente ao estudo da sílabas, ao Lionel Guegantou pela ajuda inicial e discussão acerca do funcionamento do ABC4J e ao Nuno Seco por várias vezes me ter respondido prontamente a *emails* indicando-me sempre ferramentas úteis na realização do trabalho.



# Conteúdos

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>1</b> | <b>Introdução</b>                                       | <b>23</b> |
| 1.1      | Descrição do problema e objectivos . . . . .            | 23        |
| 1.2      | Contribuições e motivação . . . . .                     | 24        |
| 1.3      | Estrutura . . . . .                                     | 25        |
| <b>2</b> | <b>Trabalho relacionado</b>                             | <b>27</b> |
| 2.1      | Sistemas geradores de texto . . . . .                   | 27        |
| 2.1.1    | Geração de poesia . . . . .                             | 27        |
| 2.1.2    | Outras aplicações geradoras de texto . . . . .          | 34        |
| 2.2      | Estudo do ritmo no texto . . . . .                      | 38        |
| 2.3      | Outros trabalhos acerca de letras para música . . . . . | 40        |
| <b>3</b> | <b>Representação e preparação dos dados</b>             | <b>43</b> |
| 3.1      | Representação do ritmo . . . . .                        | 43        |
| 3.2      | Detecção dos tempos fortes de uma melodia . . . . .     | 44        |
| 3.3      | Separação de sílabas em português . . . . .             | 45        |
| 3.4      | Detecção da sílaba tónica . . . . .                     | 46        |
| 3.5      | Identificação da terminação de uma palavra . . . . .    | 48        |
| 3.6      | Extracção de informação . . . . .                       | 50        |
| 3.6.1    | Descrição do sistema . . . . .                          | 50        |
| 3.6.2    | Resultados . . . . .                                    | 52        |
| 3.7      | Repositório de palavras . . . . .                       | 54        |
| 3.7.1    | Floresta Sintá(c)tica . . . . .                         | 54        |
| 3.7.2    | A nossa base de dados . . . . .                         | 54        |
| <b>4</b> | <b>Tra-la-Lyrics, o nosso gerador</b>                   | <b>57</b> |
| 4.1      | Arquitectura . . . . .                                  | 57        |
| 4.1.1    | Extracção da melodia . . . . .                          | 58        |
| 4.1.2    | Análise da melodia . . . . .                            | 58        |
| 4.1.3    | Métrica . . . . .                                       | 61        |
| 4.1.4    | Vocabulário . . . . .                                   | 66        |

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| 4.1.5    | Inserção da letra . . . . .                             | 67        |
| 4.2      | Interface com o utilizador . . . . .                    | 68        |
| <b>5</b> | <b>Estratégias</b>                                      | <b>69</b> |
| 5.1      | Características . . . . .                               | 70        |
| 5.1.1    | Ritmo . . . . .   | 70        |
| 5.1.2    | Rimas . . . . .   | 71        |
| 5.1.3    | Repetição . . . . .                                     | 71        |
| 5.2      | Parâmetros comuns . . . . .                             | 71        |
| 5.3      | Estratégia 1 - Palavras aleatórias . . . . .            | 73        |
| 5.3.1    | Descrição da estratégia . . . . .                       | 73        |
| 5.3.2    | Parâmetros . . . . .                                    | 73        |
| 5.3.3    | Prioridades . . . . .                                   | 74        |
| 5.4      | Estratégia 2 - <i>templates</i> simples . . . . .       | 75        |
| 5.4.1    | Descrição da estratégia . . . . .                       | 75        |
| 5.4.2    | Os <i>templates</i> . . . . .                           | 75        |
| 5.4.3    | Prioridades . . . . .                                   | 77        |
| 5.4.4    | Parâmetros . . . . .                                    | 77        |
| 5.5      | Estratégia 3 - Gramática generativa . . . . .           | 78        |
| 5.5.1    | Descrição da estratégia . . . . .                       | 78        |
| 5.5.2    | A gramática . . . . .                                   | 80        |
| 5.5.3    | Parâmetros . . . . .                                    | 81        |
| 5.5.4    | Prioridades . . . . .                                   | 82        |
| 5.5.5    | Interação Métrica-Vocabulário na estratégia 3 . . . . . | 83        |
| 5.6      | Estratégia 4 - Generate and test . . . . .              | 83        |
| 5.6.1    | Descrição da estratégia . . . . .                       | 85        |
| 5.6.2    | Função de avaliação . . . . .                           | 86        |
| 5.6.3    | Parâmetros . . . . .                                    | 87        |
| 5.7      | Crítica às estratégias . . . . .                        | 88        |
| <b>6</b> | <b>Alguns resultados</b>                                | <b>89</b> |
| 6.1      | Estratégia 1 . . . . .                                  | 89        |
| 6.2      | Estratégia 2 . . . . .                                  | 91        |
| 6.3      | Estratégia 3 . . . . .                                  | 91        |
| 6.4      | Estratégia 4 . . . . .                                  | 94        |
| <b>7</b> | <b>Validação dos resultados</b>                         | <b>97</b> |
| 7.1      | Validação . . . . .                                     | 97        |
| 7.1.1    | Análise dos resultados . . . . .                        | 98        |
| 7.2      | Avaliação . . . . .                                     | 100       |
| 7.2.1    | Processo . . . . .                                      | 100       |

|  |            |
|--|------------|
| <i>CONTEÚDOS</i>   | 13         |
| 7.2.2 Análise dos resultados . . . . .                         | 102        |
| <b>8 Conclusões</b>  | <b>107</b> |
| <b>A Notação ABC</b>   | <b>117</b> |
| <b>B Músicas analisadas para a extracção de informação</b>     | <b>121</b> |
| <b>C Resultados obtidos através da extracção de informação</b> | <b>123</b> |
| <b>D Poesia utilizada para complementar a base de dados</b>    | <b>133</b> |
| <b>E Resultados da validação</b>                               | <b>139</b> |
| E.1 Parâmetros utilizados na geração das letras . . . . .      | 139        |
| E.2 Resultados . . . . .                                       | 142        |
| <b>F Avaliação</b>   | <b>163</b> |
| F.1 Inquérito . . . . .  | 163        |
| F.2 Letras utilizadas . . . . .                                | 163        |
| F.3 Resultados . . . . .                                       | 168        |
| F.3.1 Articulação com o ritmo . . . . .                        | 168        |
| F.3.2 Rimas . . . . .  | 168        |
| F.3.3 Sonoridade . . . . .                                     | 171        |
| F.3.4 Semântica . . . . .                                      | 171        |
| F.3.5 Qualidade . . . . .                                      | 182        |
| <b>G Mais exemplos de letras geradas</b>                       | <b>183</b> |



# Lista de Figuras

|      |  |    |
|------|--|----|
| 2.1  | (a) Alinhamento de “intention” com “execution”; (b) lista de operações . . . . . | 31 |
| 3.1  | Partitura exemplo . . . . .  | 43 |
| 3.2  | Representação da partitura da Figura 3.1 em ABC . . . . .                        | 44 |
| 3.3  | Níveis de força nos compassos 4/4 e 3/4 (sistema de pontos) . . . . .            | 45 |
| 3.4  | Aplicação concreta do sistema de pontos . . . . .                                | 45 |
| 3.5  | Conjuntos de caracteres utilizados nos algoritmos . . . . .                      | 46 |
| 3.6  | Separação de sílabas . . . . .   | 47 |
| 3.7  | Aplicação do algoritmo para a divisão de sílabas . . . . .                       | 48 |
| 3.8  | Monossílabos átonos . . . . .  | 49 |
| 3.9  | Detecção da sílaba tónica . . . . .  | 49 |
| 3.10 | Construção da Melodia e da Letra através de um ficheiro ABC. . . . .             | 51 |
| 3.11 | Contabilização dos eventos a ser estudados. . . . .                              | 53 |
| 3.12 | Diagrama da base de dados utilizada . . . . .                                    | 55 |
| 4.1  | Objectivo do sistema . . . . .   | 58 |
| 4.2  | Arquitectura geral do Tra-la-Lyrics . . . . .                                    | 59 |
| 4.3  | Core do Tra-la-Lyrics: selecção de palavras . . . . .                            | 60 |
| 4.4  | Extracção da melodia a partir de um ficheiro ABC . . . . .                       | 60 |
| 4.5  | Representação de uma melodia . . . . .   | 61 |
| 4.6  | Representação da lista de notas para a melodia da Figura 4.5 . . . . .           | 62 |
| 4.7  | Sumário dos padrões . . . . .  | 66 |
| 4.8  | Vocabulário . . . . .  | 67 |
| 4.9  | Inserção da letra . . . . .  | 68 |
| 4.10 | Interface com o utilizador . . . . .   | 68 |
| 5.1  | Estratégia 1 . . . . .   | 74 |
| 5.2  | Prioridades das restrições na Estratégia 1 . . . . .                             | 75 |
| 5.3  | Estratégia 2 . . . . .   | 76 |
| 5.4  | Símbolos e respectivo significado . . . . .                                      | 76 |

|      |  |     |
|------|--|-----|
| 5.5  | <i>Templates</i> utilizados . . . . .  | 77  |
| 5.6  | Prioridades das restrições na Estratégia 2 . . . . .   | 77  |
| 5.7  | Estratégia 3 . . . . .   | 79  |
| 5.8  | Atributos das classes gramaticais . . . . .  | 80  |
| 5.9  | Produções da gramática generativa . . . . .  | 81  |
| 5.10 | Prioridades das restrições na Estratégia 3, quando é pretendida uma rima . . . . .                         | 82  |
| 5.11 | Prioridades das restrições na Estratégia 3, quando é pretendida uma palavra com determinado lema . . . . . | 83  |
| 5.12 | Exemplo das interacções para a selecção de uma palavra na estratégia 3. . . . .                            | 84  |
| 5.13 | Estratégia 4 - generate and test . . . . .   | 86  |
| 6.1  | Letra gerada através da estratégia 1 . . . . .   | 90  |
| 6.2  | Letra gerada através da estratégia 2 e respectivos <i>templates</i> seguidos . . . . .                     | 92  |
| 6.3  | Letra gerada através da estratégia 3 . . . . .   | 93  |
| 6.4  | Letra gerada através da estratégia 4 . . . . .   | 95  |
| 7.1  | Avaliação . . . . .  | 101 |
| A.1  | A música “Malhão” na notação ABC . . . . .   | 119 |
| A.2  | A partitura da música “Malhão” . . . . .   | 119 |
| C.1  | Distribuição de sílabas por tempos em compassos 2/4 . . . . .  | 124 |
| C.2  | Distribuição de sílabas por tempos em compassos 3/4 . . . . .  | 125 |
| C.3  | Distribuição de sílabas por tempos em compassos 3/8 . . . . .  | 126 |
| C.4  | Distribuição de sílabas por tempos em compassos 6/8 . . . . .  | 127 |
| C.5  | Distribuição de sílabas por tempos em compassos 4/4 . . . . .  | 128 |
| C.6  | Distribuição de sílabas por níveis de força . . . . .  | 129 |
| C.7  | Eventos por nível de força . . . . .   | 130 |
| C.8  | Distância à tónica seguinte (resoluções) . . . . .   | 131 |
| E.1  | Partitura da música Alecrim (4/4) . . . . .  | 140 |
| E.2  | Partitura da música Vira-te p’ra cá (3/4) . . . . .  | 140 |
| E.3  | Partitura da música Regadinho (6/8) . . . . .  | 141 |
| E.4  | Distribuição das sílabas por tempo em compassos 4/4, com letras geradas através da estratégia 1 . . . . .  | 143 |
| E.5  | Distribuição das sílabas por tempo em compassos 3/4, com letras geradas através da estratégia 1 . . . . .  | 144 |
| E.6  | Distribuição das sílabas por tempo em compassos 6/8, com letras geradas através da estratégia 1 . . . . .  | 145 |



|      |   |     |
|------|---|-----|
| E.7  | Distribuição das sílabas por nível de força, com letras geradas através da estratégia 1 . . . . .         | 146 |
| E.8  | Resoluções nas letras geradas através da estratégia 1 . . . . .   | 147 |
| E.9  | Distribuição das sílabas por tempo em compassos 4/4, com letras geradas através da estratégia 2 . . . . . | 148 |
| E.10 | Distribuição das sílabas por tempo em compassos 6/8, com letras geradas através da estratégia 2 . . . . . | 149 |
| E.11 | Distribuição das sílabas por tempo em compassos 3/4, com letras geradas através da estratégia 2 . . . . . | 150 |
| E.12 | Distribuição das sílabas por nível de força, com letras geradas através da estratégia 2 . . . . .         | 151 |
| E.13 | Resoluções nas letras geradas através da estratégia 2 . . . . .   | 152 |
| E.14 | Distribuição das sílabas por tempo em compassos 4/4, com letras geradas através da estratégia 3 . . . . . | 153 |
| E.15 | Distribuição das sílabas por tempo em compassos 6/8, com letras geradas através da estratégia 3 . . . . . | 154 |
| E.16 | Distribuição das sílabas por tempo em compassos 3/4, com letras geradas através da estratégia 3 . . . . . | 155 |
| E.17 | Distribuição das sílabas por nível de força, com letras geradas através da estratégia 3 . . . . .         | 156 |
| E.18 | Resoluções nas letras geradas através da estratégia 3 . . . . .   | 157 |
| E.19 | Distribuição das sílabas por tempo em compassos 4/4, com letras geradas através da estratégia 4 . . . . . | 158 |
| E.20 | Distribuição das sílabas por tempo em compassos 6/8, com letras geradas através da estratégia 4 . . . . . | 159 |
| E.21 | Distribuição das sílabas por tempo em compassos 3/4, com letras geradas através da estratégia 4 . . . . . | 160 |
| E.22 | Distribuição das sílabas por nível de força, com letras geradas através da estratégia 4 . . . . .         | 161 |
| E.23 | Resoluções nas letras geradas através da estratégia 4 . . . . .   | 162 |
| F.1  | Inquérito de avaliação . . . . .  | 164 |
| F.2  | Avaliação da estratégia 1 . . . . .   | 166 |
| F.3  | Avaliação da estratégia 2 . . . . .   | 166 |
| F.4  | Avaliação da estratégia 3 . . . . .   | 167 |
| F.5  | Avaliação da estratégia 4 . . . . .   | 167 |
| F.6  | Médias e desvios padrão das classificações do ritmo nas várias estratégias . . . . .                      | 168 |
| F.7  | Identificação de frases na letra gerada pela estratégia 1, com três escolhas ou mais . . . . .            | 169 |

|      |  |     |
|------|--|-----|
| F.8  | Identificação de frases na letra gerada pela estratégia 2, com três escolhas ou mais . . . . .                           | 169 |
| F.9  | Identificação de frases na letra gerada pela estratégia 3, com três escolhas ou mais . . . . .                           | 169 |
| F.10 | Identificação de frases na letra gerada pela estratégia 4, com três escolhas ou mais . . . . .                           | 169 |
| F.11 | Médias e desvios padrão das classificações das rimas nas várias estratégias . . . . .                                    | 170 |
| F.12 | Melhores rimas na letra gerada com a estratégia 1 . . . . .  | 170 |
| F.13 | Melhores rimas na letra gerada com a estratégia 2 . . . . .  | 170 |
| F.14 | Melhores rimas na letra gerada com a estratégia 3 . . . . .  | 170 |
| F.15 | Melhores rimas na letra gerada com a estratégia 4 . . . . .  | 171 |
| F.16 | Médias e desvios padrão das classificações da sonoridade nas várias estratégias . . . . .                                | 171 |
| F.17 | Sonoridade das palavras na letra geradas com a estratégia 1 . . . . .  | 172 |
| F.18 | Sonoridade das palavras na letra geradas com a estratégia 2 . . . . .  | 172 |
| F.19 | Sonoridade das palavras na letra geradas com a estratégia 3 . . . . .  | 173 |
| F.20 | Sonoridade das palavras na letra geradas com a estratégia 4 . . . . .  | 174 |
| F.21 | Médias e desvios padrão das classificações da clareza do sentido nas várias estratégias . . . . .                        | 174 |
| F.22 | Títulos atribuídos à letra gerada com a estratégia 1 . . . . .   | 175 |
| F.23 | Títulos atribuídos à letra gerada com a estratégia 2 . . . . .   | 176 |
| F.24 | Títulos atribuídos à letra gerada com a estratégia 2 (continuação) . . . . .   | 177 |
| F.25 | Títulos atribuídos à letra gerada com a estratégia 3 . . . . .   | 178 |
| F.26 | Títulos atribuídos à letra gerada com a estratégia 3 (continuação) . . . . .   | 179 |
| F.27 | Títulos atribuídos à letra gerada com a estratégia 4 . . . . .   | 180 |
| F.28 | Títulos atribuídos à letra gerada com a estratégia 4 (continuação) . . . . .   | 181 |
| F.29 | Médias e desvios padrão das classificações da qualidade nas várias estratégias . . . . .                                 | 182 |
| F.30 | Médias e desvios padrão das classificações da capacidade de proporcionar entretenimento nas várias estratégias . . . . . | 182 |
| G.1  | <i>Papagaio-Louro</i> ou <i>Anti-tabaco</i> . . . . .  | 184 |
| G.2  | <i>Papagaio-Louro</i> ou <i>Cafés pimenteiros</i> . . . . .  | 184 |
| G.3  | <i>O Barquinho ...sem mar</i> . . . . .  | 185 |
| G.4  | <i>A Formiga no Carreiro</i> ou <i>As portuguesas ficarão</i> . . . . .  | 186 |
| G.5  | <i>O Barquinho</i> ou <i>A rosa e o alemão</i> . . . . .   | 187 |
| G.6  | <i>House of the Rising Sun</i> ou <i>Leis para validar</i> . . . . .   | 188 |

|      |  |     |
|------|--|-----|
| G.7  | <i>Ora venha vinho para os nossos copos</i> ou <i>Comida, invenção par</i> | 189 |
| G.8  | <i>Phantom of the Opera</i> ou <i>Quarenta Naus</i> . . . . .              | 190 |
| G.9  | <i>No Woman No Cry</i> ou <i>Choram de rir</i> . . . . .                   | 191 |
| G.10 | <i>Last Kiss</i> ou <i>Ostentação</i> . . . . .                            | 192 |



# Prefácio

Muitos dirão que a escrita de letras para melodias existentes não é uma tarefa difícil e que qualquer pedaço de texto poderia dar origem a uma letra musical. Outros dirão que a escrita depende essencialmente do seu estado de espírito ou inspiração. Ou ainda que a escrita de letras não é tarefa para muita gente, sendo a capacidade criativa um factor bastante importante ou mais que isso, a cultura musical. Os restantes provavelmente julgarão que não é tarefa para qualquer um, sendo necessária uma combinação dos factores referidos acima dada a sua elevada complexidade.

Até que ponto será possível ter um programa de computador capaz de realizar esta tarefa? Será possível, de acordo com um ritmo dado, gerar automaticamente uma letra que se adapte? Como será essa letra em termos de sonoridade, interesse, qualidade? Conseguirá esse programa gerar letras idênticas às de um ser humano?

São estas algumas das questões que nos levaram à realização desta dissertação.

Sou membro de uma banda para a qual até escrevo letras. Pessoalmente penso que se trata de uma tarefa que até pode ser bastante divertida e interessante, mas por vezes algo complexa. Muitas vezes escrevo pensando simplesmente num poema, sem que haja qualquer música por trás. Outras vezes até penso numa melodia que normalmente acaba por não ser utilizada para a letra. No caso da minha banda, o processo da “criação de uma música” pode partir de uma letra como de uma melodia, mas no produto final raramente se encontram ambas da mesma forma que foram criadas. Acaba sempre por ter de haver adaptações para que juntas se tornem numa só. A adaptação das letras passa muitas vezes pela adição ou até mais pela eliminação de um conjunto de palavras ou versos.

No caso desta dissertação o ponto de partida é sempre a melodia a que a letra se terá de adaptar.



# Capítulo 1

## Introdução

### 1.1 Descrição do problema e objectivos

A tarefa da escolha de palavras para uma música é um problema facilmente ultrapassado por um número considerável de seres humanos, ou não existisse um universo sem fim de músicas com letra. Quando se trata de pôr um computador a realizar esta tarefa o que para alguns pode ser simples torna-se complexo.

Uma melodia segue uma métrica que nos dá a noção de ritmo. Uma sequência de palavras que possa ser entoada nessa melodia deve respeitar a sua métrica. Na música a métrica é obtida através da existência de tempos com mais força que outros. Relativamente ao texto, a métrica é obtida através da existência de sílabas com diferentes níveis de acentuação.

Muito importante também para a geração de uma letra é a escolha de palavras que não só devem obedecer à métrica mas tirar partido de padrões fonéticos como o uso da rima ou da aliteração.

Apesar de ser possível argumentar que as letras de músicas, tal como a poesia, têm sempre uma semântica emergente, a semântica simplesmente não foi um dos objectivos deste trabalho. Poder-se-ia ainda dizer que nem sequer deve existir uma semântica predefinida, deixando os leitores ter uma interpretação livre, aumentando também a margem para a obtenção de resultados surpreendentes. Ainda assim, sabemos também que será bem mais fácil interpretar um pedaço de texto se as suas palavras seguirem uma estrutura gramatical correcta. Esse sim, já é um dos nossos objectivos.

O trabalho aqui descrito teve inicialmente como objectivo a geração de texto com base em ritmo. Esse objectivo evoluiu depois para o estudo da possibilidade da criação de um sistema que, tendo como entrada melodias, fosse capaz de gerar letras cantáveis em português que estivessem de acordo

com o ritmo e tivessem até outros motivos de interesse.

O nosso primeiro passo foi a análise de um conjunto de letras com o objectivo de tirar algumas conclusões e obter informação em que o sistema se pudesse basear.

O passo que se seguiu foi o planeamento e a construção do sistema. A procura e construção da base de dados, a criação de uma arquitectura base, a implementação de estratégias de geração e a experimentação através da obtenção de resultados.

O último passo procurou validar os resultados obtidos recorrendo ao sistema implementado, utilizado também para analisar as músicas iniciais e recorrendo ainda à opinião de pessoas que se voluntariaram a responder a um inquérito de avaliação.

## 1.2 Contribuições e motivação

O trabalho descrito tem como principal contribuição a criação de um artista artificial, mais propriamente um letrista artificial, o **Tra-la-Lyrics**: Este sistema tem como entrada uma melodia para a qual vai procurar construir uma letra, uma das tarefas menos exploradas na produção automática de música e que sem dúvida se trata de um desafio para a investigação. Que tenhamos conhecimento não houve nunca uma tentativa séria para a resolução deste problema.

Algo que também nos levou à realização deste trabalho prende-se com o crescente de sistemas onde os utilizadores podem criar os seus próprios conteúdos digitais e partilhar com uma comunidade ou simplesmente guardar para uso individual. Criar uma nova letra para uma música conhecida e eventualmente com um toque pessoal, ao inserir algumas opções iniciais pode ser uma boa fonte de entretenimento.

Até se chegar à implementação do sistema foram atravessadas várias fases que deixam também a sua contribuição:

- Algoritmos para a **separação de sílabas e identificação da sílaba tónica** das palavras da língua portuguesa, com base somente nos caracteres que as constituem.
- Os resultados obtidos através da **extração de informação** de letras em português. Esses resultados incluem informação acerca da relação entre tempos fortes da música e sílabas tónicas da letra, das resoluções de sílabas átonas em tempos fortes e ainda situações de contracção e prolongamento de palavras da letra.



- O próprio sistema de **extracção de informação** que pode ser usado para obter resultados a partir de um outro grupo de músicas, eventualmente maior ou com características diferentes.
- Uma **base de dados** que foi construída com o propósito de fornecer palavras para as letras mas que pode continuar a ser enriquecida e ter outras utilizações futuras.

Foram implementadas várias estratégias com vista à geração de letras e mais podem vir a ser facilmente implementadas e integradas no sistema em trabalhos futuros.

## 1.3 Estrutura

Inicialmente, no Capítulo 2 é apresentado algum estado da arte, introduzindo inicialmente alguns sistemas criativos e passando logo de seguida a uma secção acerca de sistemas geradores de texto. Numa primeira parte apresentam-se trabalhos importantes no que diz respeito à geração de poesia e numa segunda parte apresentam-se outras aplicações desenvolvidas para gerar texto de vários géneros: desde a poesia, passando pelo texto científico até letras para música *country*. São mostrados alguns excertos de texto gerado pelas mesmas aplicações. Ainda no mesmo capítulo encontram-se também secções acerca de trabalhos que procuram estudar o ritmo no texto em prosa e cantado, trabalhos relacionados com as letras de músicas e ainda a avaliação de sistemas criativos.

O Capítulo 3 é reservado ao trabalho realizado antes de iniciar a implementação do sistema e que lhe serviu de base. Desde a representação do ritmo e a detecção da força dos vários tempos, passando pela separação do texto em sílabas e identificação da sílaba tónica. Neste capítulo é ainda introduzido um sistema implementado para analisar a informação presente em músicas existentes e os seus resultados. A última parte é dedicada à fonte de palavras escolhida para a realização do trabalho.

O Capítulo 4 apresenta o sistema propriamente dito, introduzindo a sua arquitectura através de uma explicação dos vários módulos que o compõem.

No Capítulo 5 são apresentadas algumas estratégias para a geração de letras, todas elas incorporadas no sistema. São evidenciadas as várias características comuns e também diferenças entre elas. O capítulo termina com uma análise às várias estratégias.

No Capítulo 6 são mostradas e analisadas algumas das letras geradas pelo sistema através das várias estratégias.

O Capítulo 7 está reservado à validação do sistema através do sistema de extracção de informação, à sua avaliação através de pessoas e ainda à discussão de ambos os resultados.

O último capítulo, Capítulo 8 destina-se a apresentar algumas conclusões e eventual trabalho futuro.

Foi também incluído um conjunto de apêndices onde além de listas com os títulos e tipo de compasso das músicas analisadas, listas com títulos de poemas utilizados para enriquecer o repositório de palavras e de uma breve explicação acerca da notação utilizada para representar o ritmo, se encontra ainda o conjunto dos resultados da extracção de informação e da validação acompanhados de gráficos e ainda os resultados da avaliação do sistema.

# Capítulo 2

## Trabalho relacionado

Já em 1963 Marvin Minsky dizia que o objectivo da Inteligência Artificial é colocar uma máquina a realizar uma tarefa que, a ser feita por um humano, requererá sempre alguma inteligência para ser alcançada [1]. Além de inteligência, essa tarefa pode também dispendir muito tempo até estar terminada. Segundo Kim Binsted as tarefas a ser conseguidas foram sendo alteradas ao longo dos tempos [2]. Por exemplo, até ao aparecimento do Deep Blue, um dos grandes objectivos era conseguir construir um programa de computador capaz de vencer os grandes mestres do xadrez. Actualmente, têm sido criados novos objectivos, muitos deles mais ligados à criatividade, como por exemplo a geração automática de música [3, 4], a criação de arte visual [5] ou geração de texto de acordo com vários padrões como: poesia [6, 7, 8, 9], histórias [10, 11, 12] ou textos de carácter humorístico [2, 13].

### 2.1 Sistemas geradores de texto

#### 2.1.1 Geração de poesia

Dada a natureza subjectiva da apreciação e crítica de poesia, os sistemas de geração de poesia só começaram a ser alvo de um estudo mais sério e científico após trabalhos de Pablo Gervás [8, 9] e Hisar Manurung [14, 15]. Este tipo de textos interessam-nos bastante, dado que, tal como as letras musicais, seguem uma métrica, ou seja, um ritmo.

McGonagall de Hisar Manurung é o resultado de uma abordagem através de algoritmos evolucionários para a geração de poesia e encontra-se detalhadamente descrito na sua tese [6]. Apesar desta tese datar de 2004, foi em 2000 que Manurung publicou os primeiros trabalhos acerca da geração automática de poesia. Em *Towards a computational model of poetry generation*

[14] é apresentado um modelo computacional e em *A Flexible Integrated Architecture for Generating Poetic Texts* [15] é apresentada uma arquitectura flexível e integrada que tem por base o modelo. Hisar Manurung afirma que para a escrita de um texto poético é preciso quebrar certas regras da escrita normal, utilizadas na produção de texto em linguagem natural. São referidos alguns problemas que surgem na escrita de um texto poético e não na escrita de outros tipos de texto:

- alta ocorrência de **fenómenos interdependentes da linguagem**. Não basta ter em conta a semântica. A sintaxe a ser seguida e o léxico utilizado são também aspectos muito importantes,
- a **mensagem** a transmitir muitas vezes não está bem definida,
- de modo a satisfazer tanto a **fonética** como a **semântica** e a **sintaxe**, deve existir uma fonte muito rica de recursos, como por exemplo uma gramática com grande cobertura, um léxico bastante rico e com informação fonética e ainda uma base de conhecimento. Além disto, a procura do texto necessário tem de ser feita de forma eficiente,
- a **avaliação** objectiva do texto gerado e a performance do sistema são pontos complicados, já que muitas vezes chega a ser extremamente subjectivo considerar se um pedaço de texto se trata de um poema ou se tem ou não qualidade.

Tal como outros autores, Manurung refere ainda que os textos poéticos envolvem uma ocorrência bastante regular de padrões sintácticos e fonéticos, tal como a métrica e o ritmo ou recursos estilísticos como a aliteração<sup>1</sup>.

Já na sua tese são acrescentados alguns pontos de vista que tentam identificar o que pode ou não ser considerado como poesia no âmbito do seu trabalho. Alguns dos pontos apresentados podem ser-nos bastante úteis. Algumas características referidas como necessárias para que um texto poético seja diferente de outros tipos de textos são:

- o **ritmo** e a **métrica**, que na poesia devem estar mais definidos e ser utilizados de forma mais regular que no texto em prosa.
- a **rima**, que ocorre entre duas palavras quando, o conjunto formado pela última vogal acentuada de uma palavra e o sons que a seguem, são idênticos ao mesmo conjunto numa outra palavra.
- outros padrões fonéticos como a **aliteração**, a **assonância**<sup>2</sup> ou a **con-**

---

<sup>1</sup>Figura de estilo que consiste na repetição de consoantes, vogais ou sílabas num verso ou numa frase, especialmente em sílabas tónicas.

<sup>2</sup>Repetição do som de uma vogal em mais que uma palavra.

**sonância**<sup>3</sup>.

- linguagem Figurativa utilizada para enriquecer os textos.

No que diz respeito à classificação da métrica, são citados a partir do livro *Writing Poems* [16] quatro tipos:

- **acentuação forte** (*strong stress*), onde o ritmo é obtido através da utilização de sílabas acentuadas em intervalos mais ou menos regulares, preenchidos por sílabas átonas.
- **métrica silábica**, onde o ritmo é obtido apenas através do número de sílabas em cada linha.
- **métrica quantitativa**, onde o ritmo é obtido através da duração de cada sílaba, isto é, do tempo que cada sílaba demora a ser dita.
- **acentuação silábica** (*syllabic stress metre*), que se trata de uma combinação entre os dois primeiros tipos. O ritmo é obtido através da utilização de sílabas tónicas combinado com o número total de sílabas.

Para Manurung, um texto, para ser considerado poético terá obrigatoriamente de respeitar **três propriedades**:

- **Sentido**: o poema deve seguir uma mensagem conceptual, que possa ser alvo de algum tipo de interpretação.
- **Gramática**: o poema deve obedecer às convenções linguísticas presentes numa gramática e num léxico.
- **Poeticidade** (*poeticness*): o poema deve ter presentes características poéticas, como a existência de um ritmo e a utilização da rima.

Manurung descreve também uma possível taxonomia para a caracterização de sistemas, baseada na técnica usada para a geração de poesia e também no seguimento das propriedades acima descritas pelos textos gerados:

- **Salada de palavras** (*word salad*): sistemas que se limitam a dispor de forma aleatória palavras atrás de palavras, sem que sejam seguidas quaisquer regras gramaticais. É a abordagem seguida pelo sistema simplista de geração de letras LYRIC 3205 de Pete Killgannon [14], do qual não conseguimos obter mais informações.

---

<sup>3</sup>Repetição do som de uma consoante em mais do que uma palavra.

- **Baseados em *templates* ou gramáticas:** sistemas onde palavras são escolhidas de um léxico, de modo a preencher espaços em *templates* de frases pré-definidos, sem no entanto seguirem qualquer métrica. É a abordagem seguida pelo sistema Poetry Creator [17], do qual também falamos na próxima secção (Secção 2.1.2).
- **Conscientes da forma (form-aware):** sistemas onde a escolha de palavras respeitam uma forma de texto pré-definido, como por exemplo tipos específicos de texto poético como o *haiku* ou o soneto. De forma a respeitar cada tipo de texto, são essencialmente seguidas regras relativas à métrica. De qualquer forma, estes sistemas não respeitam a propriedade do sentido.
- **Sistemas de geração de poesia:** na sua tese, Manurung só considera que um sistema é efectivamente de geração de poesia quando as três propriedades são seguidas. Como exemplos de sistemas que entram nesta categoria, são dados os exemplos do ASPERA [9] e do COLIBRI [7], que utilizam a técnica de *case-base reasoning* (CBR) para a geração de poesia. A propriedade do sentido é obtida através de uma mensagem fornecida pelo utilizador no início da geração e que consiste em palavras que o sistema vai procurar distribuir pelo texto gerado, apesar de Manurung considerar que se trata de uma aproximação semântica muito superficial.

O próprio McGonagall também se encontra nesta última categoria e procura respeitar correctamente todas as três propriedades definidas, através de uma abordagem evolucionária.

Como já foi dito, o McGonagall tem por base um algoritmo evolucionário, onde uns dos parâmetros a avaliar é a métrica dos poemas. Para essa avaliação é utilizada a **distância mínima de edição** (*minimum edit distance*), que basicamente calcula o custo envolvido na transformação de uma *string* noutra. Para isso é necessário alinhar as *strings* e contar o número de operações de edição: **remoção**, **inserção** ou **substituição** necessárias para realizar a transformação tendo cada operação um determinado custo. A Figura 2.1 mostra um exemplo da aplicação da **distância mínima de edição**. Nela é calculada a distância entre as palavras “intention” (x) e “execution” (y), sendo o custo de cada operação (c) igual a uma unidade (exemplo retirado da tese de Manurung [6]).

No caso específico da avaliação da métrica as *strings* tratam-se das representações da métrica pretendida e das métricas candidatas para determinado verso. Quanto menor o custo da transformação de determinada representação da métrica noutra, mais próximas estarão uma da outra.

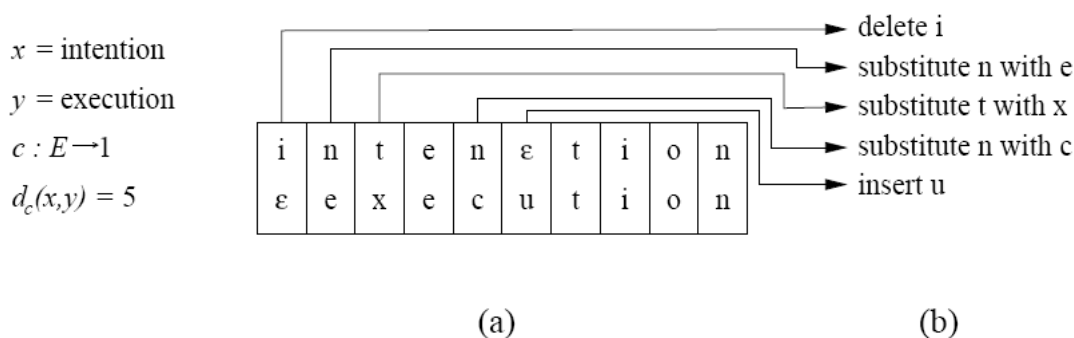


Figura 2.1: (a) Alinhamento de “intention” com “execution”; (b) lista de operações

Pablo Gervás e o seu sistema WASP [8] terá sido o primeiro trabalho a ser levado a sério na tarefa da geração de poesia através de programas de computador.

Nele é descrito o funcionamento do sistema WASP, um sistema baseado em regras cujo objectivo é estudar e testar a importância do tamanho do vocabulário inicial, da escolha de palavras, da escolha de padrões de versos e das heurísticas de construção, com base na aceitação ou não dos versos gerados.

O sistema tem como entrada um conjunto de palavras e um conjunto de padrões de versos. A saída pode ser um conjunto de versos de acordo com uma forma poética (romance, quadra, ...) ou um conjunto de versos sem qualquer restrição. As heurísticas seguidas tratam-se de várias estratégias para a geração de poemas.

Afirma-se que os poemas escritos através da combinação aleatória de um conjunto de palavras não têm normalmente grande sucesso perante leitores mais exigentes. De modo a que as palavras façam sentido em conjunto, é, em primeiro lugar, necessário que se encontrem organizadas de acordo com determinados padrões. A correcção semântica não é um objectivo essencial, dado que a criatividade na poesia se faz apoiar em algumas transgressões de forma a obter metáforas imaginativas, dando desta forma espaço a uma tolerância maior por parte do leitor, quando nem há à partida uma estrutura semântica correcta.

É utilizado um conjunto de regras para poesia espanhola, que vão depois ser utilizadas como heurísticas. As regras são então aplicadas ao conjunto de dados inicial que consiste num vocabulário e numa forma de combinar as palavras seleccionadas desse vocabulário. Há a dizer que as palavras do vocabulário devem ter incluídas informações relativas à forma gramatical, número de sílabas, localização da sílaba tónica, se a palavra começa ou

termina numa vogal (possibilitando a contracção da última sílaba de uma palavra que termina numa vogal, com a primeira de outra que começa numa vogal) e ainda o género e o número. Estes dois últimos, no caso do WASP, são tratados como se fossem formas diferentes das palavras e não características morfológicas.

O algoritmo base do WASP tem as seguintes fases:

- escolha aleatória de uma palavra do vocabulário que corresponda à primeira categoria do verso actual,
- colocação dessa palavra no rascunho do verso actual,
- eliminação da categoria correspondente do padrão que está a ser seguido,
- teste sobre o rascunho do verso, onde é verificado se estão a ser seguidas as condições da estratégia a ser usada e o correcto tamanho do verso em número de sílabas,
- se as condições forem satisfeitas continuar a partir da primeira fase para uma nova palavra,
- versos que violem as condições ou que não tenham um número de sílabas correcto são rejeitados.

São apresentadas as estratégias utilizadas para a geração de versos independentes (evitar a repetição de palavras e validação sucessiva dos rascunhos) e para a geração de poemas completos (selecção do padrão e da rima para o próximo verso).

Após a realização de experiências que utilizaram as várias estratégias e com dois conjuntos distintos de dados iniciais, foi possível avaliar o desempenho do sistema com base em parâmetros numéricos obtidos com os testes. Os conjuntos de dados iniciais utilizados foram ou um poema clássico espanhol ou um conjunto genérico de palavras retirado de forma aleatória de um trabalho académico na área da linguística. Dos 45 poemas considerados aceitáveis, apenas 6 foram gerados a partir do conjunto retirado do trabalho académico. Tendo em conta que as palavras do poema clássico se encontram relacionadas entre elas e seguem uma linha lógica, sem que aconteça o mesmo para o outro conjunto, ficou comprovado que o conjunto inicial de palavras e padrões é essencial para a qualidade dos poemas gerados. Curiosamente o poema melhor classificado pelos avaliadores numéricos, tratou-se de um resultado que seguia de muito perto o poema clássico fornecido, o que não era propriamente o que se pretendia, dado que não se estava propriamente



a assistir à criação de algo novo. Quanto a outros resultados interessantes, há a dizer que se obtiveram resultados negativamente drásticos (apesar de interessantes de um outro ponto de vista estético), quando se faziam misturas como utilizar o padrão de um texto e o vocabulário de outro.

O ASPERA de Pablo Gervás [9] é uma aplicação para a geração semi-automática de poesia em castelhano, através da utilização de CBR, onde se tenta resolver um problema recorrendo a um grande conjunto (uma base de dados) de soluções para vários problemas. O seu funcionamento é explicado em *An Expert System for the Composition of Formal Spanish Poetry*. Ao descrever o problema da geração de texto poético, Gervás refere que são necessárias técnicas linguísticas avançadas e também senso comum, ou seja, dois dos maiores desafios da Inteligência Artificial. A geração de texto poético apresenta então essencialmente três desafios:

- a especificação dos **requisitos formais** que definem que um poema está correcto,
- uma boa **gestão de um vocabulário** extenso,
- a correcta **combinação de palavras** de modo a atingir a **mensagem** que se pretende transmitir e respeitar a métrica.

É dado um papel crucial à gestão de vocabulário, referindo que um curto vocabulário pode levar a que requisitos como a diversidade não sejam preenchidos e afirmado que a precisão da mensagem a ser transmitida não requer uma precisão exagerada.

Ainda em [9] existe uma secção que diz respeito à forma de “encaixar” as palavras na métrica pretendida. São referidos alguns aspectos como as condicionantes adicionais que podem existir nas palavras no final de cada verso, como por exemplo: a existência de rima, o respeito da sintaxe da língua em causa ou o sentido do poema de acordo com uma semântica. De modo a obter bons resultados a este nível, deverá existir um léxico muito rico, assim como um conjunto de regras sintácticas e semânticas, que a não existir pode sempre ser desenvolvido através de soluções de engenharia. É isso que é feito no ASPERA, existindo no entanto uma gramática propriamente dita (constituída por padrões de linhas semelhantes aos do WASP) para garantir a correcção sintáctica.

O sistema possui um *corpus*<sup>4</sup> de versos já validados que, através de CBR, são utilizados para a geração de novos versos. As palavras de cada verso

---

<sup>4</sup>Grande conjunto de textos ou frases numa língua, normalmente utilizado na análise estatística, cálculo de frequências ou validação de regras linguísticas.

encontram-se já etiquetadas com a sua função gramatical. As etiquetas acabam por limitar o número de palavras em cada linha, respeitando assim uma forma poética.

Não vamos entrar em pormenor no funcionamento do sistema ASPERA, mas é de referir que, antes de iniciar a geração, há uma interacção com o utilizador, de modo a que este forneça uma especificação do poema pretendido a forma do mesmo ou um conjunto de palavras que gostaria de ver no resultado final (de forma a haver a melhor aproximação possível à mensagem que pretende ver transmitida)

COLIBRI [7] é também um sistema de geração de poesia, que também utiliza CBR e é muito semelhante ao ASPERA. No entanto, os casos são guardados utilizando uma representação muito flexível, que o permitem explorar as inferências possibilitadas pela herança de características na ontologia que utiliza, a CBR<sub>Onto</sub>.

Existe ainda um trabalho de Pablo Gervás onde se procura modular o estilo literário na geração semi-automática de poesia em [18]. Este modelo utiliza o sistema ASPERA e procura adaptar o texto gerado às preferências do utilizador.

O utilizador fornece uma descrição em prosa da mensagem que pretende ver transmitida e um vocabulário composto pelo conjunto de palavras que deseja ver no poema final. Além disso, o utilizador pode ter um perfil previamente criado. Os dados fornecidos pelo utilizador e o seu perfil são depois utilizados na geração de novos versos, utilizando CBR. As preferências de cada utilizador relativamente a determinadas palavras são guardadas no seu perfil, bem como as suas preferências relativas à estrutura linguística. Estas são representadas através de restrições sobre os elementos do *corpus* e tratam-se de nada mais nada menos que vectores de etiquetas gramaticais. O perfil guarda ainda as preferências relativamente ao planeamento do poema e à métrica. Os últimos passos do CBR permitem um refinamento progressivo na aproximação do estilo literário desejado, representado pelo vocabulário do sistema e pelo *corpus* de padrões de construção acumulados. A capacidade do sistema armazenar os resultados que vão ser validados faz com que a base de casos actual contenha mais poemas gerados pelos utilizadores que os que se encontravam originalmente no *corpus*.

Neste trabalho o autor reafirma que a composição de poesia se encontra entre os problemas mais desafiantes na geração de linguagem.

### 2.1.2 Outras aplicações geradoras de texto

Encontram-se pela *web* várias aplicações geradoras de texto de índole criativa.

*The Poetry Creator* [17] é um sistema baseado em *templates* de versos e onde a partir de um tema, um sinónimo para esse tema e um título proposto (dados pelo utilizador) é gerado um poema. O texto inclui tanto o tema com o seu sinónimo no meio de versos poéticos. Parece existir alguma noção de métrica e também alguma diversidade nos poemas gerados. Por outro lado há também muitas construções semelhantes onde mudam apenas algumas palavras. Não conseguimos obter muita informação acerca deste sistema, mas é provável que tenha um grande conjunto de *templates* de versos com alguns espaços a preencher por um conjunto de palavras. Nesse conjunto poderão ser incluídas aquelas que foram dadas pelo utilizador. A título de exemplo foram gerados dois poemas com as seguintes opções:

|                |        |
|----------------|--------|
| <b>Subject</b> | music  |
| <b>Synonym</b> | songs  |
| <b>Author</b>  | Hugo   |
| <b>Title</b>   | Rhythm |
| <b>Gender</b>  | Male   |

A mountainous range stood before the melancholy music  
 Where the size of the dirt was all that matters  
 It shocks with love-blind, cool abandon,  
 Figment of the imagination ? Never.. . The crushing went on  
 All were in a circle of juggling dark palaces--soft and dainty,  
 Never contemplated.. . Never more has been squeaked  
 The sight of the red jackal before him, the music was revived  
 Even as he flees, the music turns to see the asp chasing him into  
 the sanctuary  
 What did the music have in his fur?

A dragon arises from the sensitive music,  
 Where the size of the kitchen sink was all that matters  
 Ever immediately, the little toe took its toll...  
 Quickly the dictator was snatched up, Sadism accounts for the facts  
 Tricycles are larger than apes, likewise a foot is better than  
 nothing.  
 With a mighty "Yawp!" Cat Woman bit into the eyelash of her prey  
 Billowing, disregarding, the songs felt like a nurse.  
 The student scolded the jellyfish, to no avail.  
 O melancholy world, you have hurt me again.

*The Essay Generator* [19] pretende gerar textos dissertativos acerca de um tema escolhido pelo utilizador. O texto gerado inclui não só várias frases,

mas também gráficos e referências. Todos os textos gerados têm a mesma estrutura, começando com uma introdução, seguida das secções *Socials Factors*, *Economic Factors*, *Political Factors* e termina com conclusões. No entanto, o textos não tem qualquer sentido, porque se limitam a incluir o tema em frases pré-feitas. Como exemplo foi gerado um texto acerca do tópico “music and lyrics” e o resultado continha frases algo disparatadas como:

- *Difference among people, race, culture and society is essential on the survival of our world, however music and lyrics smells of success.*
- *The question which we must each ask ourselves is, will we allow music and lyrics to win our vote?*

*SCIGen* [20] é um gerador automático de artigos científicos sobre computação. Os artigos gerados incluem gráficos, figuras e citações. O utilizador apenas tem de incluir o nome dos autores do artigo e os conteúdos são gerados com recurso a uma gramática livre de contexto (CFG). O objectivo principal de *SCIGen* é testar os critérios de aceitação de conferências com baixas taxas de submissão. Um artigo gerado com este sistema, com o título *Rooter: A Methodology for the Typical Unification of Access Points and Redundancy*<sup>5</sup> tornou-se famoso quando foi aceite como artigo não revisto para a *World Multi-Conference on Systemics, Cybernetics and Informatics*. Apesar disso acabou misteriosamente por não constar no programa da conferência. A história e o seu desenrolar encontra-se na página web do sistema<sup>6</sup>.

O *Postmodernism Generator* [21] gera artigos pseudo-científicos de acordo com uma especificação formada por regras como numa gramática. Cada vez que se entra na página de uma das versões do programa, *Communications From Elsewhere* [22] é gerado um novo artigo completamente diferente do anterior, completamente correcto a nível gramatical, com referências, mas que não faz qualquer sentido. A título de exemplo apresentamos uma secção retirada do artigo *The Paradigm of Context: Sontagist camp and postcapitalist libertarianism*, gerado pelo *Postmodernism Generator*:

#### 1. Sontagist camp and the cultural paradigm of expression

“Society is intrinsically dead,” says Bataille. But the cultural paradigm of expression states that sexual identity has

<sup>5</sup><http://pdos.csail.mit.edu/scigen/rooter.pdf>

<sup>6</sup><http://pdos.csail.mit.edu/scigen/>

significance.

If postcapitalist libertarianism holds, we have to choose between the cultural paradigm of expression and Sontagist camp. However, the primary theme of the works of Madonna is the defining characteristic, and thus the rubicon, of subcapitalist class.

Baudrillard promotes the use of the structural paradigm of reality to analyse and read culture. In a sense, Sontag uses the term 'Sontagist camp' to denote a mythopoetical whole.

The premise of postcapitalist libertarianism implies that reality is capable of significance, but only if Debord's analysis of posttextual deconstruction is valid; if that is not the case, we can assume that art is used to oppress the proletariat. However, Baudrillard suggests the use of postcapitalist libertarianism to challenge the status quo.

Tanto na página da *Roseville Big Band*, sob o nome de *Lyric-o-matic* [23] como numa outra página denominada *Country Western Song Generator* [24] é possível gerar letras para música country. Há no entanto muito pouca informação relativamente ao funcionamento deste gerador. As letras geradas parecem ser todas para a mesma música, sendo todas constituídas por oito versos, todos eles com a mesma métrica nas várias gerações. Seis dos versos têm um início fixo (começam sempre pelas mesmas palavras) e dois têm o fim fixo (terminam sempre nas mesmas). Os dois versos cujo fim é fixo dão depois cada uma origem a uma rima. A palavra que vai rimar com elas é que varia. Na segunda das referências é dito a título de curiosidade que existem 5,770,748,510,208 combinações possíveis. Apresentam-se dois exemplos de letras geradas com este sistema:

San Antonio - Where My Hope Said Goodbye

I met her at a dog show Friday evenin' ;  
I still recall the perfume that she wore.  
She was helpin' some old lady with her tongue out,  
And I knew she'd dig my Ford's four on the floor.  
She asked me if I'd love her mind forever;  
She said to me her dentist bills were high,

But who'd have thought she'd find me on a freight train ?  
 My luck was gone that day she said goodbye.

Fort Lauderdale Sad Eyes

I met her in Vancouver like she told me ;  
 I still recall the army boots she wore.  
 She was lis'nin' to Cole Porter nice and easy,  
 And I knew that courtin' her would be a chore.  
 I stood and said I'd stay in love forever;  
 She said to me she needed one more guy,  
 But who'd have thought she'd walk out sellin' Amway ?  
 She sneered 'good riddance'', never said goodbye.

*Poesybeat* [25] não é propriamente um programa de computador que produza texto criativo. É sim um interessante sistema colaborativo mantido por uma comunidade *online*. Os utilizadores do sistema podem fazer uma de duas coisas:

- enviar poemas que gostariam de poder cantar e para os quais procuram uma melodia
- enviar melodias para as quais procuram uma letra

A comunidade vai depois procurar encontrar escolhas possíveis para aquilo que foi enviado pelos utilizadores. O resultado final (melodia + letra) é por fim gravado e partilhado para que todos o possam ouvir. De certa forma o nosso sistema procura automatizar a parte da procura de texto para uma melodia.

## 2.2 Estudo do ritmo no texto

Doug Beeferman apresenta em *The Rhythm of Lexical Stress in Prose* [26] um modelo para o estudo da acentuação (*stress*) lexical na língua inglesa. É afirmado que o ritmo está presente em tudo onde existe criatividade, seja a métrica numa música ou na poesia, ou a uniformidade das distâncias entre objectos na arte visual e na arquitectura. É estudada a regularidade da acentuação na prosa, factores que a podem influenciar e ainda alguns padrões

mais comuns. A partir exactamente dessa regularidade, surge a noção de ritmo.

Comprovou-se que a ordem das palavras contribui de forma muito significativa para a existência de um ritmo na escrita, através da análise da regularidade na acentuação de um conjunto de frases presentes no *Wall Street Journal* e uma versão de um *corpus* composto por frases (completamente assintáticas) em que a ordem das palavras estava alterada de forma aleatória. A regularidade de padrões de acentuação no segundo conjunto era praticamente inexistente. Fez-se ainda outra experiência em que foi utilizado um terceiro conjunto de frases onde só as palavras de classe aberta<sup>7</sup> tinham a sua ordem alterada, mantendo as restantes palavras a sua posição normal. Os resultados relativos à regularidade ficaram entre as frases bem constituídas e as completamente desordenadas.

Os testes realizados concluem que o inglês se trata de uma língua em que existe uma regularidade no que diz respeito ao evento de acentuação forte, ou seja, os falantes da língua inglesa tendem a expandir ou contrair o número de sílabas, de modo a que a duração entre acentuações primárias seja sempre semelhante. Por outro lado, existem línguas em que a regularidade está mais relacionada com o número de sílabas presente, como o francês. Representando sílabas tónicas com um 'S' e átonas com 'W', os padrões de acentuação mais encontrados foram SWSW e WSWS (11,21% e 11,0% respectivamente), que correspondem a uma alternância binária.

Afirma-se que um bom exemplo para ser observada a regularidade da acentuação é na letra de uma música, o que não se trata de qualquer surpresa.

Este artigo refere ainda que cada palavra na língua inglesa tem uma e uma só acentuação primária à qual todas as restantes sílabas são subordinadas. As únicas excepções tratam-se de alguns monossílabos que são normalmente desprovidos de acentuação (*the, of*) e que segundo algumas fontes também existem na língua portuguesa [27].

Em *The Role of Phonological Phrasing in Sung and Chanted Verse* [28] é realizado um estudo da métrica no verso entoado e cantado, baseado num *corpus* de 670 linhas de música *folk* inglesa e ainda em dez entoações dessas linhas por dez falantes nativos de inglês. Sugere-se que a poesia é para ser cantada ou entoada segundo um ritmo e não para ser simplesmente falada.

Para realizar o estudo foi utilizado um sistema de grelhas retirado de *A Generative Theory of Tonal Music* [29]. Este sistema separa o tempo em intervalos de igual duração constituídos por uma batida forte no início, seguida de batidas fracas.

---

<sup>7</sup>substantivos, verbos, adjetivos e advérbios.

Para o estudo do ritmo é indiferente onde a nota termina, interessando apenas onde ela começa. A duração de cada nota determina simplesmente a articulação entre ela e a frase musical. São referidos alguns princípios de boa formação de versos que nos podem ser úteis. Considera-se que um fragmento de texto segue determinado padrão rítmico se soar bem ao ouvido de alguém conhecedor do meio em que ele foi escrito.

Um fragmento de texto é considerado métrico (seguidor de um padrão rítmico) se soar bem ao nosso ouvido. São dados para a mesma frase dois exemplos de alinhamentos de palavras de uma forma métrica, onde as sílabas tónicas coincidem com as batidas fortes e de uma forma não métrica, onde as sílabas tónicas estão todas localizadas em batidas fracas. Uma sílaba tónica pode aparecer numa batida fraca sem qualquer problema, desde que esteja rodeada de sílabas mais fortes, interessando somente a força da sílaba. Quando uma posição métrica não se encontra preenchida ou contém o prolongamento da sílaba anterior, é considerada mais fraca que uma sílaba átona.

Algumas relações entre letra e música podem também ser encontradas em *Critérios para Relacionar Letra e Música*[30].

## 2.3 Outros trabalhos acerca de letras para música

*Natural language processing of lyrics* [31] apresenta experiências realizadas com o recurso a técnicas de processamento de linguagem natural que analisam a estrutura de letras fornecidas. A partir dessa análise, o sistema consegue:

- **Identificar a língua em que a letra foi escrita** (se for uma das seis suportadas) com base nos sons encontrados encontrados na letra.
- **Propor uma possível divisão da música:** 1) A **introdução** é semelhante aos versos, normalmente constituída por três ou quatro frases e inicia o tema principal, contextualizando o resto da música. 2) Os **versos** correspondem de certa forma a uma estrofe onde a letra é menos repetitiva que em refrões. 3) O **refão** é a parte em que o tema principal é mais explícito. Pressupõe uma dinâmica e actividade superior. Quando duas partes da letra têm texto muito semelhante serão duas instâncias do refrão. 4) A **ponte** é utilizada para ligar duas partes da música. Sendo os versos repetidos pelo menos duas vezes, a ponte pode aparecer no lugar da uma terceira repetição dos versos ou logo a seguir, mesmo antes de um novo refrão. 5) A **conclusão**, quando existe, encontra-se no fim da letra e pretende terminar o tema principal.



- **Categorizar** a letra de acordo com um tema utilizando um método classificador que analisa as palavras da letra e calcula a probabilidade da mesma fazer parte de uma das seguintes categorias: amor, violência, protesto anti-guerra, cristã ou drogas.

Este sistema procura também encontrar semelhanças entre letras diferentes.

Lyrically [32] é um protótipo que procura alinhar sinais musicais acústicos com a letra correspondente. Este tipo de alinhamento é semelhante ao que se vê nos *karokes*. Para isso é necessário fazer algum processamento do sinal áudio (gravação da música) e do texto das letras. O processamento do sinal áudio é feito em três fases:

1. Determinar a estrutura rítmica da música de modo a facilitar o alinhamento do texto com o tempo.
2. Determinar uma aproximação da localização do refrão, o que pode facilitar tendo em conta que o alinhamento será muito semelhante em todos os refrões, assim como nos versos, que acabam por de certa forma ser também identificados nesta fase.
3. Determinar a presença de voz na música.

O processamento do texto decorre em duas fases:

1. Categorização de cada secção da música (verso, refrão, ponte...) e cálculo das respectivas durações.
2. Refinação dos tempos de cada evento através da informação rítmica obtida ao realizar o processamento do sinal áudio.

Em *Syllabic level automatic synchronization of music signals and text lyrics* [33] é apresentada uma *framework* para a sincronização entre música e as sílabas da letra. O trabalho apresentado está próximo do anterior mas preocupa-se mais com o alinhamento entre música e letra a nível silábico e não ao nível de cada secção ou linha da letra. São feitas algumas constatações acerca da duração das notas numa música. Essa duração está restrita a várias fracções do tempo da música. Além disso há durações mais prováveis e outras menos prováveis. Nos casos estudados as semínimas ( $1/4$ ) e as colcheias ( $1/8$ ) são as durações mais comuns. As notas mais longas encontram-se mais nos refrões do que nos versos e mais no final do que no princípio de linhas melódicas.



# Capítulo 3

## Representação e preparação dos dados

### 3.1 Representação do ritmo

Para a representação do ritmo, optou-se por utilizar a notação ABC, uma linguagem standard para notação musical (melodia, letra e cifra) que usa caracteres ASCII. Esta notação foi projectada para melodias que podem ser escritas numa pauta convencional. Existem vários programas de domínio público (para sistemas operativos diversos) que permitem trabalhar com ficheiros ABC, convertendo-os em partituras ou em ficheiros MIDI.

Guido Gonzato construiu um manual bastante completo para a notação ABC, manual esse que se encontra traduzido para português [34]. Mais sobre a notação ABC pode ser encontrado no Apêndice A.

As figuras 3.1 e 3.2 mostram um exemplo da representação de uma partitura com letra na notação ABC.

Para a manipulação destes ficheiros foi utilizado a API para Java, ABC4J [35], que tem exactamente esse fim. A versão disponibilizada online (0.1)



Figura 3.1: Partitura exemplo

```

X:1
T:Taps
L:1/8
K:C
M:4/4
z4 z2 G>G | c4> G>c | e4> G>c | e2 Gc e2 Gc |
w:is-to é u-ma le-tra que eu po-de-ri-a ge-
e4> c>e | g4 e2 c2 | G4> G>G | c8 |
w:rar pa-ra a me-lo-di-a a-qui

```

Figura 3.2: Representação da partitura da Figura 3.1 em ABC

tinha vários problemas, desde *bugs* a métodos por implementar. À medida que nos fomos deparando com estes problemas, eles foram comunicados via *e-mail* ao autor, Lionel Guegantou, que se mostrou-se sempre disponível para ajudar. A resolução desses problemas viria a dar origem à actualização do ABC4J para a versão 0.2.

## 3.2 Detecção dos tempos fortes de uma melodia

Para identificar a força de cada nota dentro de um compasso foram seguidas regras simples, enumeradas no livro *A Generative Theory for Tonal Music* [29], mais propriamente o sistema de pontos.

Neste sistema, para representar cada batimento, utiliza-se um ponto. A distância entre dois pontos corresponde à distância entre os batimentos na música.

Tendo um compasso e o seu tipo, é possível criar vários “níveis de pontos”, onde num primeiro nível se incluem todos os batimentos, e ao avançar de nível são retirados os pontos correspondentes a batimentos mais fracos. Dito de outra forma, ao avançar um nível, os pontos do novo nível são em menor número e, conseqüentemente, distanciar-se-ão entre si dois ou três pontos. A força de um batimento é igual ao número de pontos que lhe são atribuídos.

Na Figura 3.3 podemos observar dois exemplos, para os compassos 4/4 e 3/4, onde, no primeiro nível (mais fraco) se tem como referência a semi-colcheia. Já na Figura 3.4 é possível observar uma aplicação concreta do sistema de pontos, numa música, retirada de [36]. Neste exemplo, o nível mais fraco considerado é a colcheia.

No nosso trabalho foram construídas manualmente tabelas que represen-

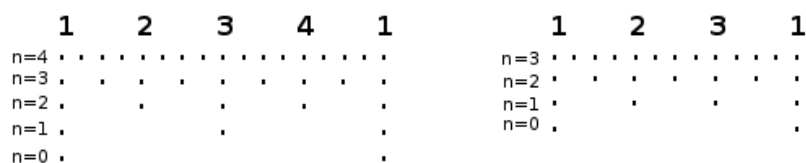


Figura 3.3: Níveis de força nos compassos 4/4 e 3/4 (sistema de pontos)



Figura 3.4: Aplicação concreta do sistema de pontos

tam as várias forças dentro dos tipos de compasso mais comuns considerados<sup>1</sup>, facilitando o cálculo da força de cada nota. A granularidade da representação foi a semi-colcheia.

### 3.3 Separação de sílabas em português

Tendo por base um algoritmo utilizado para a translineação de palavras, implementado na linguagem *C#* [37] foi criado um novo algoritmo com vista à separação de sílabas em português. O original não contemplava muitas das situações em que ocorria divisão silábica tendo isso levado à necessidade de um novo, que contemplasse todas as situações do algoritmo original e algumas que estavam em falta.

O objectivo foi a partir de uma palavra (sob a forma de *string*) construir uma lista constituída pelas suas sílabas.

Para conseguir realizar tanto a separação de sílabas como para a detecção da sílaba tónica (explicado na próxima secção) é necessário ter em conta os grupos de caracteres presentes na Figura 3.5.

O algoritmo para a separação de sílabas encontra-se na Figura 3.6. É constituído por duas fases, que se explicam de seguida. A Figura 3.7 mostra a título de exemplo a sua aplicação, obtendo a divisão em sílabas da palavra “coimbra”.

1. Numa primeira fase, **separa-se** a palavra de forma que **cada grupo de vogais** fique separado. O local onde ocorre a separação é feito tendo em conta as consoantes posicionadas antes e depois do grupo de vogais, procurando construções como por exemplo:

<sup>1</sup>2/4, 3/4, 4/4, 3/8 e 6/8.

```

VOGAIS = {'a', 'e', 'i', 'o', 'u', 'á', 'â', 'ã', 'â', 'é', 'ê', ...};
SEMI_VOGAIS = {'i', 'u'};
ACENTO_GA = {'á', 'â', 'é', 'í', 'ó', 'ú'};
CIRCUNFLEXO = {'â', 'ê', 'î', 'ô', 'û'};
TIL = {'ã', 'õ'};
H = {'h'};
U = {'u'};
CONJ1 = {'b', 'c', 'd', 'f', 'g', 'p', 't', 'v'};
CONJ2 = {'c', 'l', 'n'};
CONJ3 = {'l', 'r', 'z'};
CONJ4 = {'g', 'q'};

```

Figura 3.5: Conjuntos de caracteres utilizados nos algoritmos

- CONJ2 + H + VOGAL (*che, lha, nho, ...*);
- VOGAL + CONJ3 (*al, or, ez, ...*);
- CONJ1 + CONJ3 + VOGAL (*plu, bra, cza, ...*).

[*coimbra = coim + bra*]

- Na segunda fase **analisa-se cada grupo de vogais**. Cada grupo é separado, a menos que se trate de um ditongo<sup>2</sup> ou de uma construção do género CONJ4 + U + VOGAL (*gua, que, quo, ...*).

[*coim + bra = co + im + bra*]

Há ainda a dizer que foram sendo encontradas ao longo do trabalho uma ou outra palavra cuja divisão não era bem realizada. Para algumas delas foram adicionadas regras específicas.

### 3.4 Detecção da sílaba tónica

O algoritmo para a detecção da sílaba tónica (Figura 3.9) também foi por nós implementado, com a ajuda de gramáticas da língua portuguesa [38, 39] e recurso a alguns sítios na *web* [40, 27]. Este algoritmo consegue identificar a sílaba tónica com base nos caracteres que constituem a palavra, sem necessidade da utilização de símbolos fonéticos. Baseia-se nas seguintes regras:

- Se uma sílaba tem um acento gráfico e é uma das três últimas sílabas da palavra, então é a sílaba tónica.

<sup>2</sup>Conjunto de vogais que se lê de uma só vez, pertencendo por isso à mesma sílaba.

```

//primeira fase

foreach (character i in the word){
if (pertence(VOGAIS, i) and !pertence(VOGAIS, i-1)){

    if (pertence(H, i-1) and pertence(CONJ2, i-2))
        or (pertence(CONJ3, i-1) and pertence(CONJ1, i-2))
        divisaoEm(i-2);
    else
        divisaoEm(i-1);
}
}

//segunda fase

foreach (character i in the word){

    if (pertence(VOGAIS, i) and pertence(VOGAIS, i-1)){

        if (in(U, i-1) and in(CONJ4, i-2) or in(TIL, i-1))
            continue;

        else if (pertence(SEMI_VOGAIS, i))

            if (!(pertence(ultimaSilaba(word), i)) and pertence(CONJ3, i+1))
                and (!pertence(NAS AIS, i+1) or pertence(VOGAIS, i+2)))
                continue;

        divisaoEm(i);
    }
}

```

Figura 3.6: Separação de sílabas

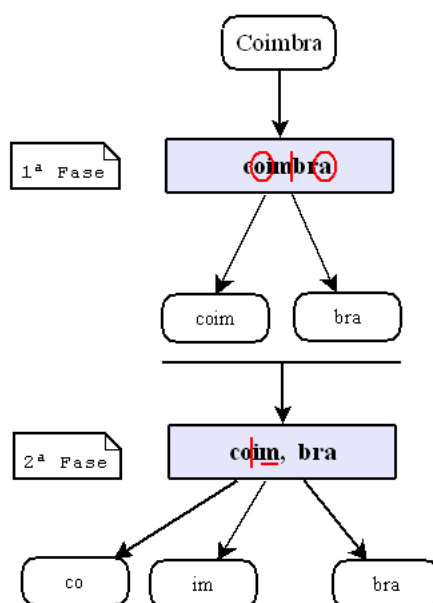


Figura 3.7: Aplicação do algoritmo para a divisão de sílabas

- Se a palavra só tem uma sílaba, é essa a sílaba tónica (palavra **aguda**).
- Se a palavra termina em 'r', 'l' ou 'z', a sílaba tónica é a última (palavra **aguda**).
- Se a última sílaba tiver um 'i' ou um 'u' então, a última sílaba é tónica (palavra **aguda**).
- Se nenhum caso acima se verificar, a penúltima sílaba é tónica (palavra **grave**).

Há no entanto um conjunto de dezoito palavras que fogem a esta regra e que foram consideradas completamente desprovidas de acentuação. Tratam-se dos monossílabos átonos (Figura 3.8) [27].

### 3.5 Identificação da terminação de uma palavra

Sendo as rimas um factor importante num texto como a letra de uma música foi necessário encontrar uma forma de verificar se duas palavras rimam entre si. Como no nosso trabalho não utilizamos símbolos fonéticos, mas sim as



o, a, os, as,  
 um, uns,  
 me, te, se, lhe, nos, lhes,  
 que,  
 com, de, por, sem, sob,  
 e, mas, nem, ou

Figura 3.8: Monossílabos átonos

```

if (pertence(MONOSSILABOS_ATONOS, word))
    return -1;

if (sizeof(word) == 1)
    return 0;

//dada uma lista com as sílabas da palavra

foreach (syllable i in the word){

    foreach (character j in i)
        if (pertence(ACENTOS, j) and i < sizeof(i) - 4)
            return i;
    }

if (pertence(CONJ3, ultimoCaracter(word))
    return sizeof(word) - 1;

    foreach (character i in ultimaSilaba(word)){
        if (pertence(SEMI_VOGAIS, i)
            and !(pertence(U, j) and pertence(CONJ8, i-1))
                return sizeof(word) - 1;
    }

return sizeof(word) - 2;

```

Figura 3.9: Detecção da sílaba tónica

palavras propriamente ditas, uma maneira de abranger um grande número de palavras que rimam é verificar se a sua terminação é igual. Situações de terminações diferentes que produzem o mesmo som acabaram por não ser consideradas.

Para obter a terminação de uma palavras existem três passos:

1. Identificação da sílaba tónica da palavra.
2. Identificação da vogal com mais força da sílaba tónica (geralmente a primeira vogal da sílaba).
3. A terminação é constituída por todos os caracteres entre a vogal mais forte (inclusivé) e o fim da palavra.

## 3.6 Extracção de informação

Foi implementado um sistema de extracção de informação acerca da relação entre sílabas e ritmo numa música. Este sistema destinou-se essencialmente a comprovar que, numa música, as sílabas tónicas da letra coincidem na maior parte das vezes, com os tempos fortes do ritmo. Além desta análise, aproveitámos para estudar outros aspectos como: as **resoluções** de sílabas átonas em tempos fortes, o tipo das **sílabas contraídas** e as palavras que mais frequentemente surgem com sílabas contraídas, o tipo de sílabas normalmente **contraídas através da “concatenação”** de palavras<sup>3</sup> e ainda os conjuntos de palavras que mais frequentemente surgem concatenados.

### 3.6.1 Descrição do sistema

O objectivo deste sistema é a recolha de informação a partir de músicas escritas na notação ABC, seguida da actualização dessa informação nas tabelas utilizadas para a contabilização de várias ocorrências que pretendemos estudar.

O sistema recebe um ou mais ficheiros ABC de onde vai depois extrair a melodia e a letra representadas (Figura 3.10). A construção da melodia tem em conta a identificação dos vários compassos, seus tipos e das várias notas. A construção da letra tem em conta a identificação das várias palavras e respectivas sílabas, identificando ainda a sílaba tónica. Todas estas representações foram por nós implementadas, com a excepção das notas, para as quais utilizamos a classe `abcnotation.Note`, presente no ABC4J.

---

<sup>3</sup>Consideram-se nesta situação por exemplo: *sempr’ abrir* ou *qu’eu*.

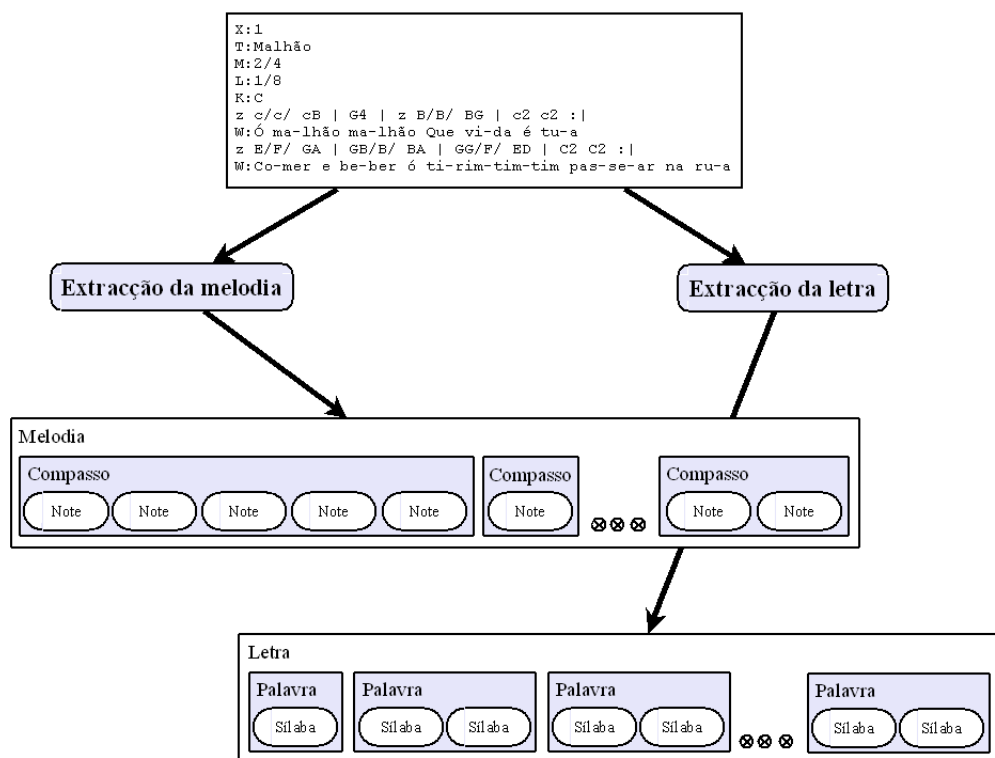


Figura 3.10: Construção da Melodia e da Letra através de um ficheiro ABC.

Existe depois um módulo que associa cada nota à sílaba correspondente traduzindo essa associação numa lista de pares nota/sílabas. Cada par contém também informação acerca do tempo em que o mesmo ocorre desde o início do compasso a que a nota pertence, facilitando desta forma o cálculo da sua força. Esta lista é depois analisada e os vários eventos a estudar são contabilizados 3.11.

É possível extrair informação relativa aos seguintes aspectos:

- **nível de força**, onde é relacionado o tipo de sílaba (tónica ou átona) com o nível de força (de acordo com o sistema de pontos da Secção 3.2) em que ocorre,
- **tempo dentro de cada tipo de compasso**, onde é relacionado o tipo de sílaba com o tempo dentro de cada compasso,
- **contraídas**, onde são contabilizadas as palavras que mais vezes ocorrem com sílabas contraídas e em que situações,
- **concatenadas**, onde são contabilizadas as situações onde mais vezes ocorrem concatenações<sup>4</sup> de palavras,
- **prolongamentos**, onde são contabilizadas as sílabas que são prolongadas para a(s) notas seguintes,
- **resoluções**, onde é contabilizado em número de notas ou em tempo a distância de uma sílaba átona num tempo forte e a sílaba tónica seguinte.

Os resultados obtidos podem ser visualizados directamente na consola ou exportadas para ficheiros *CSV* (de modo a serem facilmente importadas por folhas de cálculo).

### 3.6.2 Resultados

Para realizar um estudo acerca da informação que pretendíamos, utilizamos 42 músicas populares e infantis que foram analisadas pelo sistema. Uma listagem com os títulos e a fontes das músicas encontra-se no Apêndice B. As nossas principais crenças vieram a confirmar-se. De seguida apresentam-se algumas das conclusões retiradas da análise dos resultados:

- Há maior ocorrência de **sílabas tónicas** no primeiro tempo de cada compasso (que é sempre o **mais forte**).

---

<sup>4</sup>chamamos concatenações à contracção de sílabas de palavras diferentes

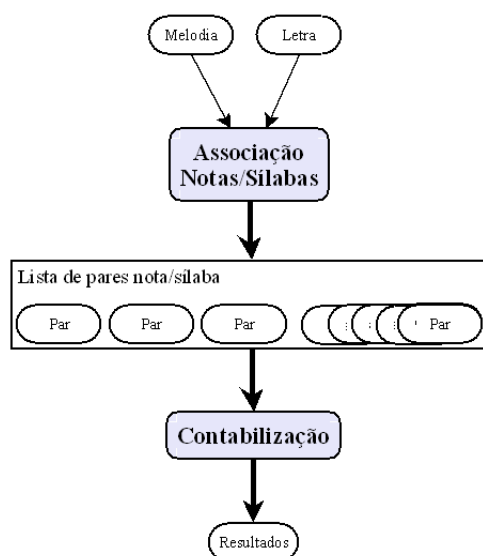


Figura 3.11: Contabilização dos eventos a ser estudados.

- Existe uma regularidade nas distâncias entre os tempos com maior ocorrência de **sílabas tónicas**. Esta distância varia consoante o tipo de compasso. Trata-se de uma constatação que de certa forma acaba por comprovar o sistema de pontos.
- Utilizando o sistema de pontos para atribuir forças a cada tempo do compasso, observa-se facilmente que nos **tempos mais fortes** aparecem mais **sílabas tónicas** e menos **átonas**, passando-se o contrário e nos **tempos mais fracos**.
- A maior parte das resoluções e de sílabas átonas que ocorrem em tempos fortes é feita na nota imediatamente a seguir.
- Não há grandes conclusões a tirar quanto ao tipo de sílabas que mais aparecem **contraídas**. Apenas a dizer que a palavra que mais vezes foi encontrada com a ocorrência de uma contracção foi “para” que é muitas vezes lido como “p’ra”.
- Sempre que existe uma **concatenação** de palavras a última letra da primeira palavra é uma vogal (mais precisamente um ‘a’, ‘e’ ou ‘o’ não acentuados), assim como a primeira letra da segunda palavra (neste caso pode ser qualquer vogal, acentuada ou não)

- Não foi encontrada qualquer sílaba átona **prolongada**, no entanto também não foram encontrados prolongamentos em número suficiente que nos permita tirar maiores conclusões.

No Apêndice C encontram-se os resultados obtidos para os vários compassos suportados, tendo sido escolhida, como divisão mais baixa de um compasso, a semicolcheia (0.25 de um semínima).

## 3.7 Repositório de palavras

Para ser possível a construção de letras com a maior diversidade possível, foi necessário encontrar uma grande fonte de palavras que pudesse ser facilmente consultada.

### 3.7.1 Floresta Sintá(c)tica

Inicialmente a escolha recaiu sobre o recurso *Floresta Sintá(c)tica*, que se trata de um conjunto de textos retirados dos corpus CETEMPúblico (texto do jornal *Público*) sintaticamente analisados e se encontra disponível na Linguateca[41]. A forma mais simples de aceder à *Floresta Sintá(c)tica* foi a criação de uma base de dados relacional a partir de um script disponibilizado pelo Pólo de Braga da Linguateca [42]. Esta base de dados contém as várias árvores sintáticas existentes na *Floresta Sintá(c)tica*, tornando-se simples aceder a uma frase ou a uma palavra e ainda à sua forma gramatical, à sua função sintática, ao seu lema<sup>5</sup> ou à sua morfologia<sup>6</sup>.

Ficavam-nos a faltar no repositório atributos relacionados com as sílabas da palavra, que também convinha estarem presentes na base de dados. Foi por isso criada uma nova tabela com o auxílio dos algoritmos descritos atrás, e que tinha como atributos: a palavra, o número de sílabas, a sua divisão silábica e a posição da tónica.

### 3.7.2 A nossa base de dados

Com o evoluir do trabalho foi sentida a necessidade de uma base de dados mais à medida do programa. Com uma estrutura mais flexível e à qual fosse possível acrescentar palavras que não se encontrassem na *Floresta*.

Utilizando a ferramenta Jspell[43, 44] que se trata de um analisador morfológico, foi-nos possível obter os atributos gramaticais e morfológicos de

---

<sup>5</sup>palavra base

<sup>6</sup>género, número e tempo verbal

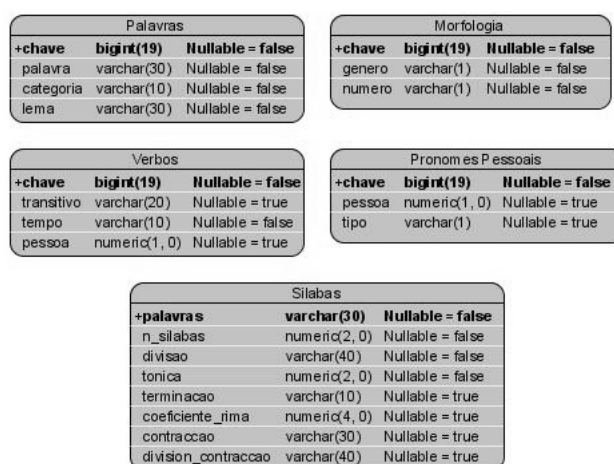


Figura 3.12: Diagrama da base de dados utilizada

grande parte das palavras da língua portuguesa, facilitando a criação de uma nova base de dados onde esses atributos também estivessem presentes.

A “nossa” base de dados foi criada no motor MySQL e a sua estrutura encontra-se representada na Figura 3.12. Segue-se uma breve descrição das cinco tabelas que constituem a base de dados:

- **Palavras** - todas as palavras, sua categoria gramatical e o seu lema.
- **Morfologia** - atributos morfológicos de todas as palavras: género e número. Quando o género, o número ou ambos não estão definidos para uma palavra, ela também está presente nesta tabela, com o(s) atributo(s) preenchidos como indefinidos. O mesmo acontece a palavras que sirvam para ambos os géneros ou números.
- **Verbos** - atributos específicos dos verbos: transitividade, tempo verbal e pessoa.
- **PronomesPessoais** - atributos específicos dos pronomes pessoais: pessoa e tipo.
- **Silabas** - basicamente a mesma que já era utilizada em conjunto com a base de dados da *Floresta*. Foram no entanto acrescentados alguns atributos com o decorrer do trabalho, como é o caso da terminação da palavra e do coeficiente de rima. A terminação da palavra é obtida através do algoritmo descrito na Secção 3.5. O coeficiente de rima é basicamente o somatório de todas as palavras que existem na base de dados e que têm a mesma terminação. Estes dois atributos podem ser utilizados para facilitar a existência de rimas.

Há ainda a dizer que os verbos no particípio passado foram considerados adjectivos na base de dados. A razão que nos levou a fazê-lo prende-se com o facto de, em grande parte das situações, quando o verbo assim conjugado não exprime nenhuma razão temporal, desempenha a função de adjectivo [38]. Eventualmente deveria até estar na base de dados sob ambas as formas. A base de dados foi preenchida com todas as palavras presentes na base de dados da *Floresta* e complementada com palavras retiradas de textos poéticos recolhidos pela *web*. Os nomes dos textos encontram-se listados no Apêndice D. É constituída actualmente por mais de vinte mil palavras.



# Capítulo 4

## Tra-la-Lyrics, o nosso gerador

Tra-la-Lyrics foi o sistema construído para procurar alcançar o principal objectivo desta dissertação: a geração de letras para músicas (Figura 4.1).

Este sistema procura aplicar alguma da informação recolhida durante o estudo preliminar. Foi implementado na linguagem de programação Java e tem como entrada um ficheiro ABC. A saída é também um ficheiro ABC, mas com a letra gerada inserida. As palavras utilizadas encontram-se numa base de dados que corre no motor MySQL. O ficheiro ABC que dá entrada no sistema pode ser criado manualmente ou criado a partir de um ficheiro MIDI, recorrendo ao binário *midi2abc*. Apesar do ficheiro ABC criado por este binário não ser completamente compatível com o programa, não são precisas muitas alterações para que o passe a ser. O ficheiro ABC deve conter a melodia para a qual se pretende gerar uma letra. No caso de utilizar o *midi2abc* será necessário escolher o canal do MIDI onde se encontra a melodia da voz. O ficheiro ABC à saída é em tudo semelhante ao que deu entrada, mas com a letra gerada inserida. Esse ficheiro pode depois ser facilmente convertido em *PostScript* (.ps) e seguidamente em *PDF* de modo a facilitar a visualização da letra e da pauta da música.

### 4.1 Arquitectura

O Tra-la-Lyrics está dividido em módulos, cada qual com a sua função. Na Figura 4.2 encontra-se uma representação da arquitectura do sistema. As representações para melodia e letra utilizadas no sistema de extracção de informação fora também aqui utilizadas. As secções que se seguem apresentam cada um dos módulos individualmente.

Há a dizer que aquilo a que podemos chamar o *core* do sistema se encontra nos módulos da *Seleção de Palavras*, sendo eles os responsáveis pela

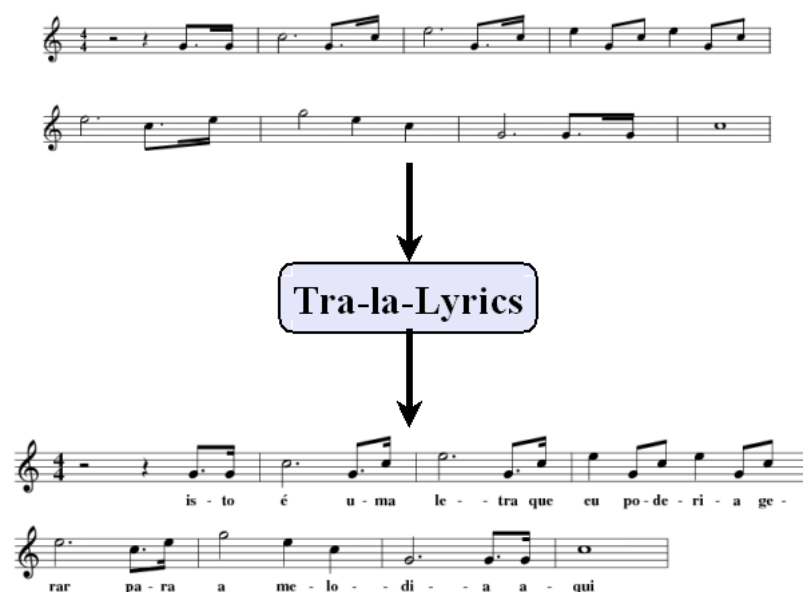


Figura 4.1: Objectivo do sistema

escolha de palavras de acordo com o ritmo e pela implementação de várias características, específicas das várias estratégias e que têm em vista tornar o texto gerado mais interessante. O módulo *Métrica* é partilhado pelas três primeiras estratégias utilizadas e só por si, garante que o texto é gerado de acordo com o ritmo presente na melodia. O módulo *Vocabulário* tem implementações diferentes de acordo com a estratégia utilizada para a geração e adiciona restrições próprias das estratégia às restrições que já vêm do módulo *Métrica*. Após juntar todas as restrições, procura na base de dados por palavras que se ajustem.

#### 4.1.1 Extracção da melodia

Este módulo é o mesmo que foi utilizado no sistema de extracção de informação com o mesmo nome. A sua função é construir uma representação hierárquica da **melodia** recebida. Relembramos que a melodia é constituída por notas que estão, por sua vez, organizadas em compassos.

#### 4.1.2 Análise da melodia

Para cada nota da melodia é criada uma nova representação, a que chamamos *NotaNoCompasso* e que contém não só a representação da nota, mas também a sua **posição dentro do compasso** em que se encontra, a sua **força** e se

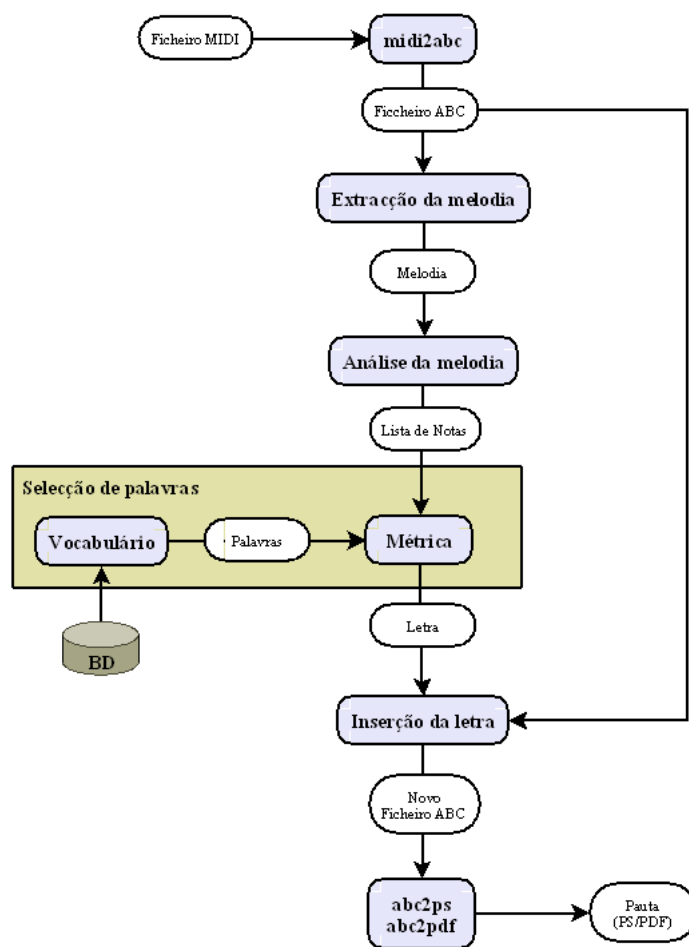


Figura 4.2: Arquitectura geral do Tra-la-Lyrics

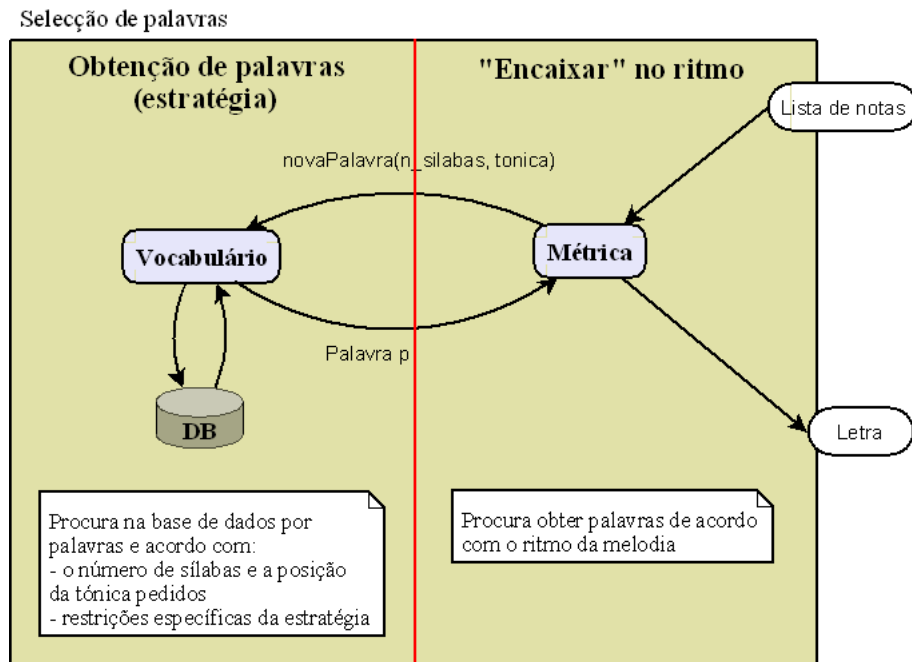


Figura 4.3: Core do Tra-la-Lyrics: selecção de palavras

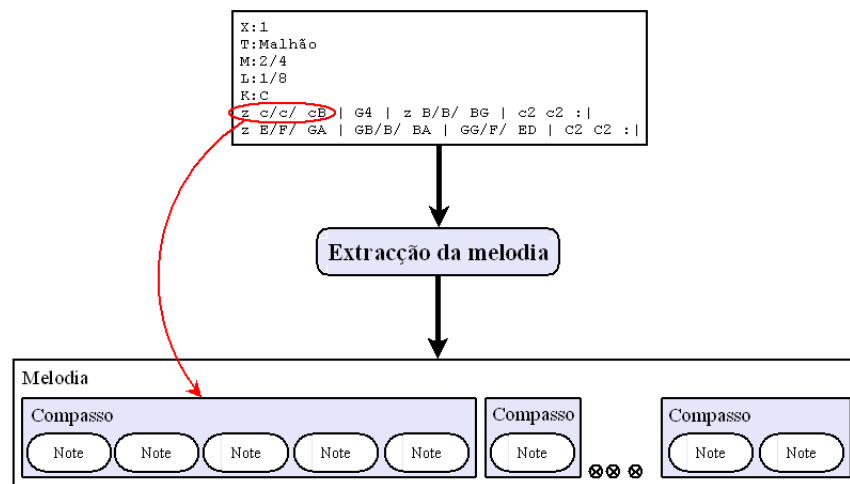


Figura 4.4: Extracção da melodia a partir de um ficheiro ABC

The figure shows a musical staff with a treble clef, a 3/4 time signature, and a key signature of C. The melody consists of five notes: a quarter note G4, a quarter note A4, a half note B4, a quarter note G4, and a quarter rest. Below the staff is a data structure representing this melody. It is a table with a main header 'Melodia' and two columns for 'Compasso' (measures). Each measure contains a list of notes with their properties: Duration, Height, Tied, and Rest.

| Melodia                                   |                 |   |                   |                   |                   |
|---|-----------------|---|-------------------|-------------------|-------------------|
| Compasso                                  |                 | Compasso                                  |                   |                   |                   |
| Time Signature = 3/4<br>Key Signature = C |                 | Time Signature = 3/4<br>Key Signature = C |                   |                   |                   |
| Note                                      | Note            | Note                                      | Note              | Note              | Note              |
| Duration = QUARTER                        | Duration = HALF | Duration = HALF                           | Duration = EIGHTH | Duration = EIGHTH | Duration = EIGHTH |
| Height = B                                | Height = A      | Height = G                                | Height = G        | Height = REST     | Height = REST     |
| Tied = false                              | Tied = false    | Tied = true                               | Tied = false      | Tied = false      | Tied = false      |
| Rest = false                              | Rest = false    | Rest = false                              | Rest = false      | Rest = false      | Rest = true       |

Figura 4.5: Representação de uma melodia

é a **última da sua parte**. Como já referido anteriormente, para a obtenção da força de uma nota é utilizado o sistema de pontos, explicado mais detalhadamente na Secção 3.2. Uma parte da música é basicamente uma frase musical<sup>1</sup>. A anotação acerca de ser ou não a última nota da sua parte é útil quando se pretende tirar partido desse facto para, por exemplo introduzir uma rima. A saída deste módulo é uma representação constituída por uma lista de *NotasNoCompasso* e ainda métodos utilizados para calcular a distância (em número de notas) entre qualquer nota e a ocorrência do próximo padrão relevante para a métrica da letra. Estes padrões serão explicados e listados na secção seguinte. De certa forma, a lista de notas acaba por ser uma representação *plana* da melodia. A Figura 4.5 exemplifica a representação de uma melodia, construída pelo módulo *Extracção da melodia* e a Figura 4.6 mostra a lista de notas construída pelo módulo *Análise da Melodia*.

### 4.1.3 Métrica

Este módulo é responsável pela construção da letra. É nele que são adicionadas ou retiradas palavras da letra. O seu objectivo principal é encontrar palavras que “encaixem” no **ritmo** da melodia. Para isso a lista de *NotasNoCompasso* é percorrida de modo a encontrar **padrões** considerados relevantes para a construção da métrica da letra. De acordo com o padrão encontrado e com a distância entre a nota actual e o fim do padrão é necessário um tipo de palavra diferente, no que diz respeito ao número de sílabas e à posição da sílaba tónica. Essa palavra é obtida através do módulo *Vocabulario* que poderá acrescentar restrições à palavra e só depois tentar obtê-la com recurso à nossa base de dados. Se o módulo *Vocabulário* retornar uma palavra,

<sup>1</sup>Uma frase musical trata-se de uma subdivisão da música, constituída por uma sequência de notas coerente com um princípio e fim definidos.

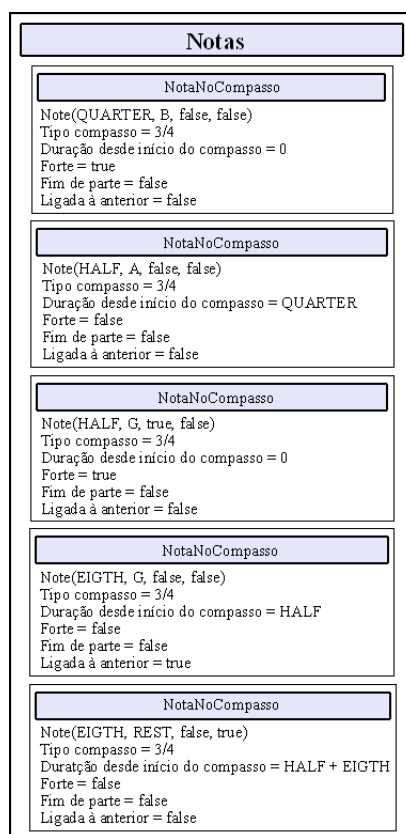
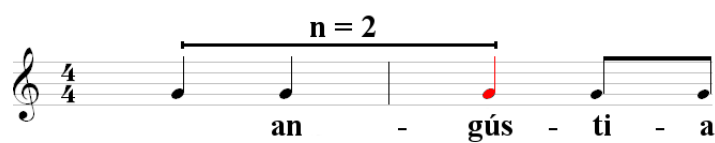


Figura 4.6: Representação da lista de notas para a melodia da Figura 4.5

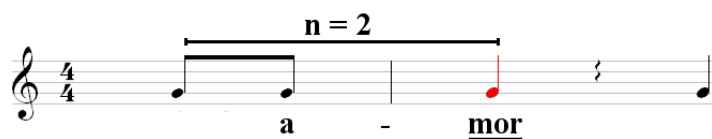
é ainda preciso calcular o índice da próxima nota sem letra. Esse índice é obtido somando o número de sílabas efectivas<sup>2</sup> da nova palavra com o número de pausas e notas ligadas presentes na parte abrangida. Os padrões considerados relevantes para a métrica da letra encontram-se listados de seguida acompanhados de um exemplo. As palavras necessárias têm em conta a **distância**  $n$  calculada.

- **Tempo forte:** Uma nota ocorre num tempo forte. Os tempos considerados fortes foram aqueles cuja força calculada era a maior do compasso ou estava a cima de um valor pré-definido.



A palavra deve ter no máximo  $n+2$  sílabas<sup>3</sup> e a sua sílaba tónica deverá estar na posição  $n$  começando a contar no início da palavra. Como este padrão acaba por incluir muitos dos que se seguem, ele apenas é procurado se nenhum dos padrões que incluem tempos fortes for encontrado. É um padrão importante porque ao ser identificado o algoritmo vai tentar que as **sílabas tónicas** coincidam com os **tempos fortes**. Para o exemplo da imagem, seria necessária uma palavra com um máximo de quatro sílabas, sendo a tónica a segunda, como é o caso de *an-gús-ti-a*.

- **Tempo forte seguido de pausa:** Uma nota ocorre num tempo forte e é seguida de uma pausa.



A palavra deverá ter  $n$  sílabas e a sílaba tónica deverá encontrar-se na posição  $n$ , começando a contar do início da palavra. A identificação

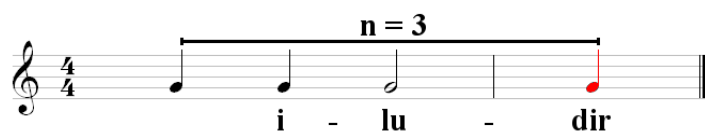
<sup>2</sup>Sílabas contraídas só contam como uma sílaba e cada prolongamento conta como uma sílaba.

<sup>3</sup>As palavras da Língua Portuguesa só podem ser acentuadas numa das suas três últimas sílabas

deste padrão vai, não só tentar fazer com que as sílabas tónicas coincidam com os tempos fortes, mas também procurar garantir que não ocorram **palavras interrompidas** por uma pausa.

Para o exemplo da imagem, seria necessário uma palavra com duas sílabas, sendo a última a tónica, como *a-mor*.

- **Tempo forte seguido do fim da melodia:** Uma nota ocorre num tempo forte que é seguido pelo fim da melodia.



Semelhante ao padrão anterior, mas em vez de terminar numa pausa, chega-se mesmo ao fim da melodia. A identificação deste padrão vai, não só tentar fazer com que as sílabas tónicas coincidam com os tempos fortes mas também procurar garantir que a melodia não termina numa palavra com sílabas a mais que notas disponíveis.

Para o exemplo na imagem, seria necessário uma palavra uma palavra com três sílabas, estando a tónica na última, como em *i-lu-dir*.

- **Pausa:** Uma pausa.

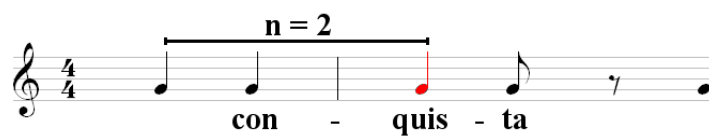


A palavra deverá ter no máximo  $n-1$  sílabas e não deve ter qualquer tipo de acentuação. O único tipo de palavras que respeita estas restrições são os monossílabos átonos, o que acaba por tornar difícil a possibilidade de existirem longas sequências de palavras sem qualquer acentuação. Não é contudo crítica a ocorrência de sílabas tónicas em tempos que não são fortes. A identificação deste padrão é necessária para procurar garantir que não há sílabas que coincidam com pausas da melodia.

- **Tempo forte seguido de uma nota, seguida de uma pausa:** Uma nota encontra-se num tempo forte, tem uma outra nota a seguir,



num tempo fraco que é por sua vez seguida de uma pausa.



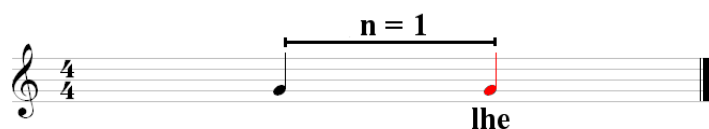
A palavra deverá ter no máximo  $n+1$  sílabas e a  $n$ -ésima sílaba deverá ser a tónica. A identificação deste padrão vai, não só tentar fazer com que as sílabas tónicas coincidam com os tempos fortes, mas também procurar garantir que não ocorram **palavras interrompidas** por uma pausa.

Para o exemplo na imagem, seria necessária uma palavra com o máximo de três sílabas, sendo a tónica a segunda, como é o caso de *con-quis-ta*.

- **Último tempo forte da parte:** Uma nota é a última forte dentro da parte da música em que está inserida.

Para que existam partes definidas é necessário o utilizador indicar a divisão em partes antes da geração da letra. Essa divisão é representada sob a forma de uma lista com o tamanho em número de notas, de cada parte. No caso de se encontrar este padrão, a palavra deverá ter no máximo  $n+d$  sílabas, sendo  $d$  a distância entre a última nota forte da parte e a última nota da parte. A  $n$ -ésima sílaba deverá ser a tónica. A identificação deste padrão é importante pois facilita a inclusão de **eventos interessantes** no fim de cada parte da música, como por exemplo, a existência de uma rima.

- **Fim da melodia:** Uma nota é a última da melodia.



A palavra deverá ser um dos dezoito monossílabos átonos, porque se este padrão foi identificado, significa que apenas falta uma nota para terminar a melodia e que essa nota não se encontra num tempo forte. A identificação deste padrão é necessária para procurar garantir que

| Padrão  | Nº sílabas | Tónica  |
|---|------------|---------|
| Tempo forte   | $n+2$      | n       |
| Tempo forte seguido de pausa                          | n          | n       |
| Tempo forte seguido do fim da melodia                 | n          | n       |
| Pausa   | $n-1$      | nenhuma |
| Tempo forte seguido de uma nota, seguida de uma pausa | $n+1$      | n       |
| Último tempo forte da parte                           | $n+d$      | n       |
| Fim da melodia  | n          | nenhuma |

Figura 4.7: Sumário dos padrões

a melodia não termina numa palavra com **mais sílabas** que as notas disponíveis.

A Figura 4.7 contém um sumário dos padrões relevantes para a métrica.

#### 4.1.4 Vocabulário

O módulo *Vocabulário* recebe **pedidos de palavras** de acordo com o número de sílabas e a posição da sílaba tónica, pedidos esses feitos pelo módulo *Métrica*. Este módulo tem também acesso a uma **fonte de palavras**. As palavras podem ser obtidas a partir de um Proxy<sup>4</sup>, que no caso das estratégias implementadas é sempre um interface com uma base de dados. No entanto seria possível que esse Proxy fosse um interface para uma outra fonte de palavras (um ficheiro, um dicionário, outra estrutura, ...), bastando para isso apenas que os métodos responsáveis pela obtenção das palavras as fossem buscar outro lado, que não à base de dados. A fonte de palavras acaba então por ser completamente dependente do módulo *Vocabulário* (Figura 4.8).

Este módulo pode ser alvo de várias reimplementações, correspondendo cada uma a uma **estratégia** para obter as palavras. De acordo com a estratégia seguida podem ser acrescentadas **restrições** ao tipo de palavra que se procura. Essas restrições adicionais têm como objectivo tornar a geração de texto mais interessante do que uma simples sequência de palavras que apenas encaixa no ritmo. As várias restrições para a obtenção de palavras podem levar à inexistência de palavras que as respeitem por completo, fazendo com

<sup>4</sup>O Proxy é apenas introduzido nesta secção e não volta a ser referido para a frente visto tratar-se apenas de um interface que não é essencial para a compreensão do resto da arquitectura. Não nos parece por isso necessário sobrecarregar os vários diagramas.

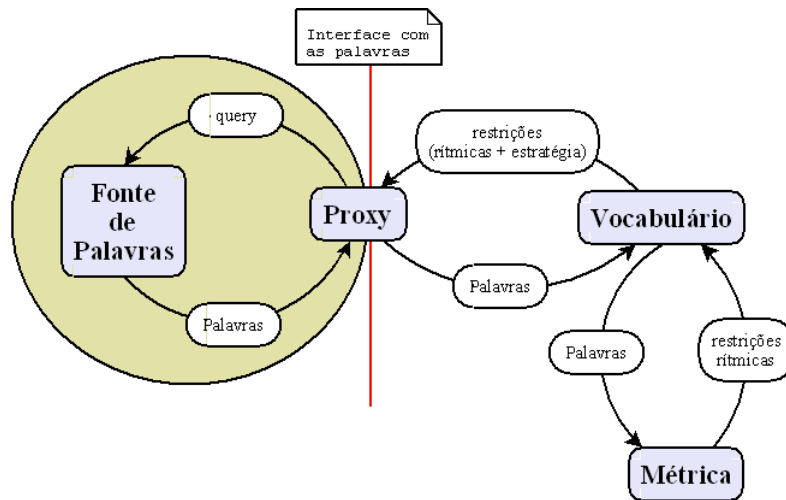


Figura 4.8: Vocabulário

o Proxy simplesmente não retorne nada<sup>5</sup>. Este módulo deverá por isso também conseguir lidar com essa possibilidade procurando **alternativas** ao tipo de palavras necessário (fazendo cair restrições, trocando algumas delas, ...), sem que o módulo *Métrica* sequer tenha a percepção do que se passou. Em relação a todas as estratégias, o número de sílabas pedido para as palavras acabou por ser utilizado como um número máximo e não um número fixo. Se tal não tivesse sido feito, as palavras teriam tendência a ocupar todas as notas do padrão, ficando as letras compostas por menos palavras, na sua maioria muito grandes.

O módulo *Vocabulário* é portanto muito importante para a gestão do vocabulário presente nas letras geradas. Se a gestão não funcionar correctamente ou se o vocabulário não for muito extenso, pode haver um problema de falta de diversidade [9] ou mesmo de falta de soluções. Foi reservada uma secção completa para discutir as estratégias implementadas (Secção 5).

#### 4.1.5 Inserção da letra

Este módulo tem como entrada a letra gerada e o ficheiro ABC original. A sua função é apenas a criação de um novo ficheiro, em tudo igual ao original, mas com a letra gerada correctamente inserida de acordo com o *standard* do ABC (Figura 4.9).

<sup>5</sup>Se por exemplo a base de dados não contiver palavras de acordo com as restrições.

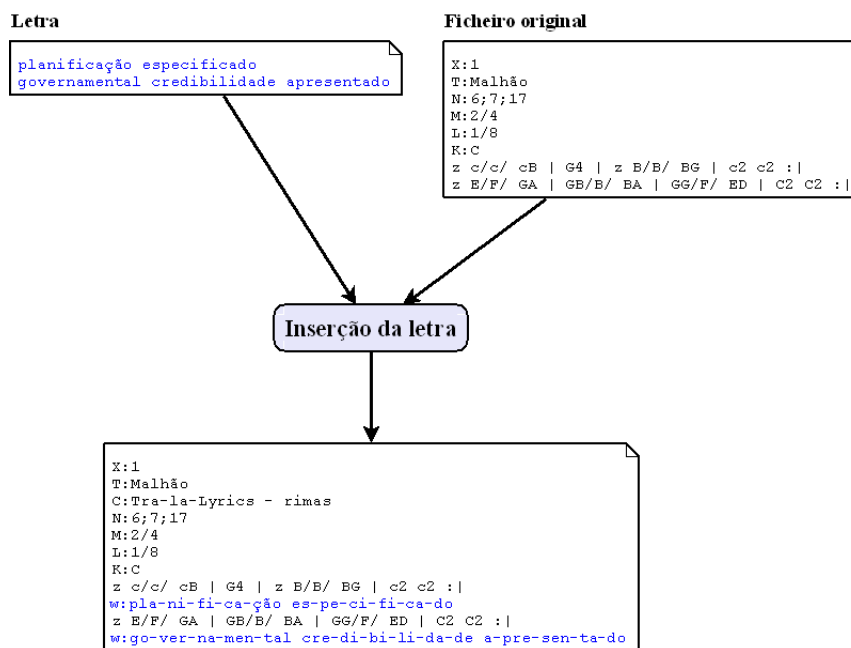


Figura 4.9: Inserção da letra

## 4.2 Interface com o utilizador

Para facilitar a inserção de alguns parâmetros nas várias experiências realizadas foi criado um interface muito simples. Este interface apenas contempla as estratégias 1 a 3 e algumas opções de geração (Figura 4.10). Após a geração este interface pergunta ao utilizador se pretende guardar um ficheiro ABC com a letra gerada e pergunta depois se quer converter o ABC para uma pauta em *PostScript*. Para realizar experiências utilizando a estratégia 4 é necessário recorrer à linha de comandos.

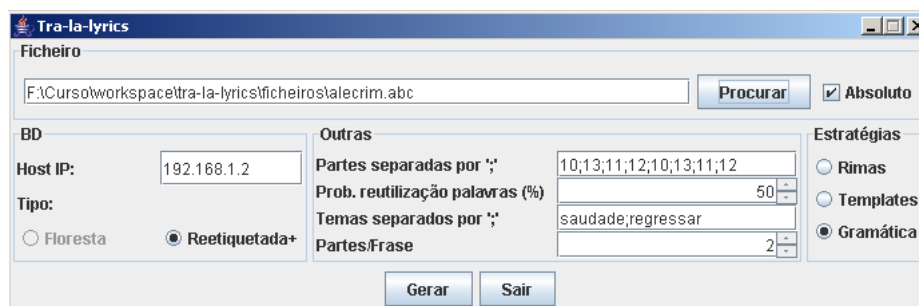


Figura 4.10: Interface com o utilizador

# Capítulo 5

## Estratégias

Esta secção pretende explicar as várias estratégias que foram utilizadas para a geração de letras. Todas elas têm em comum a parte inicial, onde a melodia é extraída do ficheiro ABC e depois analisada de modo a construir uma estrutura plana: a **lista de Notas** (Figura 4.6). A parte em que as várias estratégias diferem é a *Seleção de palavras*, onde a letra é construída. Depois dessa parte, todas as estratégias têm mais uma vez o mesmo funcionamento, nomeadamente no módulo *Inserção da letra*.

As primeiras três estratégias começam todas pelo mesmo: identificam os **padrões rítmicos** da melodia e tentam escolher o tipo de palavras necessário (de acordo com o número de sílabas e a posição da sílaba tónica) para que o **ritmo** seja respeitado. É por isso que todas partilham também o módulo *Métrica*. O módulo *Vocabulário* pode ser alvo de várias *reimplementações*, desde que tenha por um lado acesso a um *repositório de palavras* (no nosso caso é sempre uma base de dados) e por outro lado a capacidade de responder a *pedidos de palavras* de acordo com os seus atributos silábicos. Tirando isso, cada reimplementação diz respeito a uma nova estratégia para obter palavras. Cada estratégia poderá acrescentar novas restrições às palavras necessárias e deverá também lidar com a possibilidade de não existir qualquer palavra de acordo com o pretendido.

A estratégia 4 (*generate and test*) não utiliza os mesmos módulos que as restantes estratégias na parte *Seleção de palavras*. Isto deve-se ao facto da estratégia 4 não dar prioridade ao ritmo, mas sim à **construção das frases**. As sua estrutura, apesar de diferente, acaba por ser paralela às restantes estratégias.

## 5.1 Características

Como já foi dito, nessas estratégias procuraram-se adicionar algumas **características** à geração, para tornar o texto mais interessante. Como referido na Secção 2.1.1, Manurung [6] identifica vários aspectos que considera ser características fundamentais para que determinado texto seja considerado poesia e não outra coisa:

- Ritmo e métrica
- Rima e outros padrões fonéticos
- Linguagem figurativa

Tal como na poesia, as letras para música também procuram tirar partido destas características. Em *How to Write Lyrics* [45] são sugeridos três pontos importantes que se devem ter em atenção ao escolher palavras para uma letra: **ritmo**, **rimas** e **repetição**.

Como já foi referido na Secção 4.1.3 a módulo *Métrica* trata da escolha da métrica correcta, para que o texto “encaixe” no ritmo da melodia. Os outros pontos encontram-se inseridos no módulo *Vocabulário* e são explorados de formas diferentes, dependendo da estratégia utilizada.

### 5.1.1 Ritmo

Além do que se encontra referido acerca do ritmo na Secção 4.1.3 há uma característica que procura fazer com que o **fim de frases gramaticais coincida com o fim de frases musicais**. Se cada frase gramatical na letra corresponder a um número fixo de frases musicais será mais fácil de ser cantada. Desta forma letra e melodia ficam mais intimamente ligadas, havendo um paralelismo entre ambas. De modo a que isto seja possível, é necessário forçar as frases gramaticais a terminarem quando é detectado o fim de uma frase musical. Há no entanto determinadas classes de palavras com que simplesmente não faz sentido terminar frases<sup>1</sup>. No caso de uma frase terminar numa palavra dessas classes, essa palavra é apagada, sendo de seguida substituída por uma **interjeição** com os mesmos atributos silábicos ou por **prolongamentos** da palavra anterior. O utilizador pode especificar o número de frases musicais a que quer fazer corresponder uma frase gramatical. Esta associação pode no futuro ser melhorada, por exemplo com **estimativas** para o tamanho de cada frase, tendo em conta o tamanho médio de cada classe de palavras.

---

<sup>1</sup>são exemplos disso os artigos e as preposições.

### 5.1.2 Rimas

Foi considerado que duas palavras rimam quando têm a mesma terminação, sendo a terminação de uma palavra obtida através do procedimento descrito em 3.5. As terminações de cada palavra encontram-se guardadas na nossa base de dados. Nas várias estratégias implementadas, procura-se que existam rimas no final de cada parte da música. Como já foi referido, a divisão da música em partes pode ser indicada pelo utilizador antes de iniciar a geração. No futuro é possível a implementação de uma forma automática segmentar a música em partes, identificando os locais adequados para a ocorrência de rimas. Essa abordagem poderá inspirar-se no trabalho de Grilo [46].

### 5.1.3 Repetição

De forma a que exista algum tipo de repetição nas nossas letras, as estratégias implementadas podem utilizar algumas das características que se seguem:

1. **Reutilização de palavras:** cada palavra seleccionada para fazer parte da letra é guardada. A partir daí sempre que é necessária uma nova palavra, se alguma das palavras previamente seleccionadas respeitarem tanto as restrições métricas como as da estratégia, há uma probabilidade definida para que uma dessas palavras volte a ser seleccionada. Essa probabilidade é definida pelo utilizador.
2. **Palavras com o mesmo lema:** o utilizador pode dar como entrada uma lista de palavras de classe aberta que gostaria de ver na letra gerada. O sistema vai então procurar dar prioridade a palavras com o mesmo lema das palavras dadas. Também chamamos a esta característica *tema*, dado que o objectivo é de certa forma que a letra tenha palavras de determinadas famílias podendo isso ser suficiente para que esta tenha uma tema mais óbvio. Apesar de muito superficial, esta característica será provavelmente o mais próximo de semântica que podemos encontrar no sistema.

## 5.2 Parâmetros comuns

Para a geração através das várias estratégias é possível definir alguns dos parâmetros que se descrevem de seguida:

- **Melodia:** Melodia para a qual se pretende gerar a letra.

- **Fronteira forte/fraco:** Número que vai dizer a partir de que nível de força se considera um tempo forte e um tempo fraco.
- **Probabilidade de rima:** Probabilidade de ocorrência de rima no final de uma frase musical. Nas nossas experiências esta probabilidade foi sempre de 100% porque de outra forma ainda existiriam menos rimas.
- **Probabilidade de reutilização de palavras:** Probabilidade de uma palavra que já foi seleccionada para a letra, o voltar a ser. Isto se respeitar as restrições necessárias para voltar a ser seleccionada.
- **Tipo da base de dados:** Possibilidade de escolher entre a utilização da base de dados da Floresta Sintáctica (utilizada numa versão anterior do programa) ou a nova base de dados, criada por nós.
- **Host da base de dados:** Possibilidade de escolher o *hostname* da base de dados.
- **Divisão da música em partes:** O utilizador pode indicar uma divisão da música em partes, das quais a geração pode tirar partido para tornar o texto gerado mais interessante.
- **Probabilidade de seleccionar uma conjunção:** Probabilidade de ser escolhida uma conjunção para juntar duas frases.
- **Partes musicas por frase gramatical:** Número de partes musicais que se pretende ver abrangido por cada frase gerada. Por outras palavras, número de partes musicais ao fim das quais se pretende o início de uma nova frase gramatical.
- **Temas:** Lista com palavras de classe aberta cuja inclusão ou de palavras da sua família na letra se pretende que seja forçada.
- **Melhores coeficientes de rima:** Número de palavras com melhor coeficiente de rima de onde se vai seleccionar uma iniciar uma frase. Quanto mais pequeno este número for, mais probabilidade haverá em encontrar palavras que rimem, mas as terminações tenderão a ser todas iguais. Nas experiência em que este parâmetro é omitido, foi usado o valor 3.
- **Máximo de passagens:** Número máximo de passagens pela mesma classe gramatical, sem que tenha havido retrocesso. Este número é necessário e utilizado para controlar ciclos, evitando que o programa insista vezes a mais numa situação para a qual simplesmente não existe



solução. Nas experiências em que este parâmetro é omitido, foi usado o valor 1.

- **Peso de cada produção:** Número directamente proporcional à probabilidade de determinada produção ser escolhida entre as restantes produções do símbolo gramatical correspondente. A probabilidade de uma produção ser escolhida é igual ao seu peso dividido pela soma dos pesos de todas as produções dentro do mesmo símbolo.

## 5.3 Estratégia 1 - Palavras aleatórias

### 5.3.1 Descrição da estratégia

Esta é a estratégia mais simples implementada. Nela apenas são procuradas palavras que sigam as restrições métricas dadas pelo módulo *Métrica* (número de sílabas e sílaba tónica) de modo a que respeitem no padrão rítmico da melodia. As palavras escolhidas são de resto aleatórias, não estando presente qualquer noção de frase ou de classes gramaticais. Se o utilizador submeter juntamente com a música uma divisão da mesma em partes, há sim a noção de frase musical.

De modo a tornar as letras geradas mais interessantes esta estratégia utiliza duas das características referidas na Secção 5.1, que podem quebrar a aleatoriedade completa: **rimas** e **reutilização de palavras**.

### 5.3.2 Parâmetros

Nesta estratégia é possível definir os seguintes parâmetros para a geração:

- **Melodia**
- **Fronteira forte/fraco**
- **Tipo da base de dados**
- **Host da base de dados**
- **Probabilidade de rima**
- **Probabilidade de reutilização de palavras**
- **Divisão da música em partes**

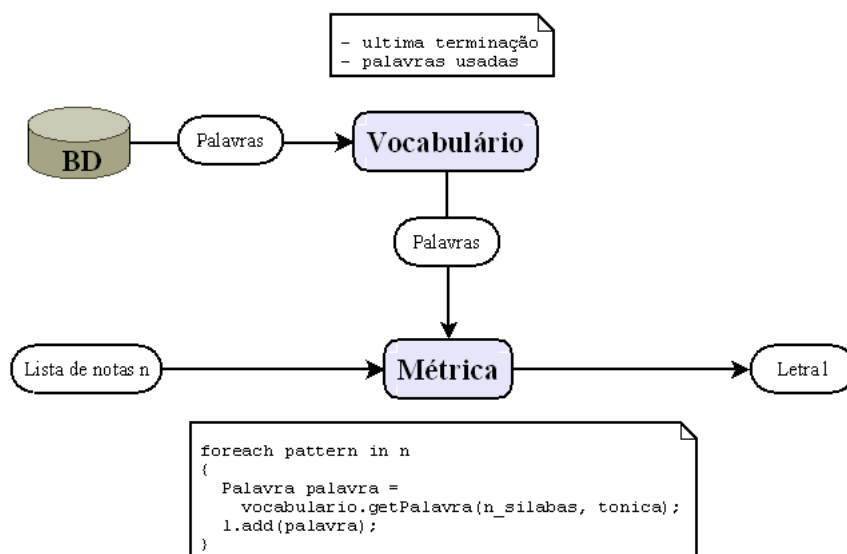


Figura 5.1: Estratègia 1

### 5.3.3 Prioridades

Apesar de termos uma grande base de dados e esta estratègia ter apenas um reduzido número de restrições, podem acontecer situações em que simplesmente não existe uma palavra de acordo com o pretendido. Foram por isso definidas prioridades para as várias restrições. Na nossa opinião as **rimas** são bastante importantes quando comparadas com a existência de um pequeno número de sílabas que não respeitam o **ritmo**. Aliás, como foi possível constatar pelos resultados obtidos com a extracção de informação (Secção 3.6.2), apesar de em número reduzido, há algumas ocorrências de sílabas átonas em tempos fortes e de sílabas tónicas em tempos fracos. É por isso que a primeira restrição a cair é a posição da sílaba tónica. Esta posição deixa de ser fixa e passa a ser considerada como a posição mínima (de preferência) ou máxima (se a palavra não tiver mais sílabas) para a sílaba tónica. A razão que nos leva a procurar por palavras dando a posição mínima para a sílaba tónica também está relacionada com os resultados relativos às resoluções, obtidos na extracção de informação. Neles verifica-se que, na grande maioria, as **resoluções** de sílabas átonas em tempos fortes é feito nas **notas que se seguem**. Se continuar a não existir uma palavra de acordo com o necessário as restrições rítmicas são repostas e aí sim, a terminação cai, chegando-se a uma situação semelhante a quando não são pretendidas rimas. Um quadro com as prioridades encontra-se na Figura 5.2.

| Métrica                                  | Estratégia |
|--|------------|
| max sílabas + (pos tónica ou sem tónica) | terminação |
| max sílabas + pos min/max tónica         | terminação |
| max sílabas + (pos tónica ou sem tónica) | nada       |
| max sílabas + pos min/max tónica         | nada       |

Figura 5.2: Prioridades das restrições na Estratégia 1

## 5.4 Estratégia 2 - *templates* simples

Esta estratégia surgiu de uma vontade de obter de uma forma rápida letras em que a ordem das palavras não fosse completamente aleatória e onde já houvesse alguma coerência na sequência das palavras. Cedo foi abandonada, mas acabou por ser uma “ponte” para a estratégia 3, onde é utilizada uma gramática generativa.

### 5.4.1 Descrição da estratégia

O módulo *Vocabulário* nesta estratégia tem acesso a um selector de *templates* que gere sequências de frases gramaticais e ainda um submódulo responsável pela coerência morfológica. Sempre que o módulo *Métrica* pede uma palavra, o módulo *Vocabulário* junta aos requisitos silábicos da palavra restrições como a próxima categoria gramatical do template seleccionado e, se existirem, atributos morfológicos (género e número) coerentes com as palavras anteriormente devolvidas (Figura 5.3).

Há ainda a dizer que o selector de templates gere dois tipos de templates: **frases completas** e **conjunções**. Com uma probabilidade que pode ser definida, as frases completas são juntas através de uma conjunção. Procura-se também incluir nesta estratégia a característica **coincidência do fim de frases gramaticais com o fim de frases musicais** através da definição do número de frases musicais abrangidas por cada *template*. Ao terminar atingir esse número de partes, o *template* muda obrigatoriamente.

### 5.4.2 Os *templates*

Apesar de não ser complicado adicionar novos templates, os templates utilizados nas nossas experiências foram os que se encontram na Figura 5.5, acompanhados de exemplos de frases. O significado dos vários símbolos encontra-se na Figura 5.4.

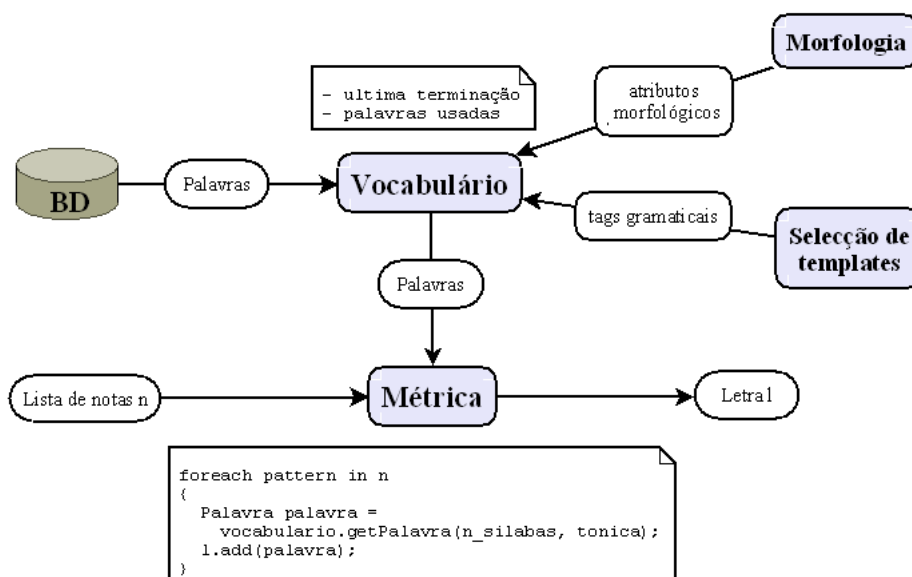


Figura 5.3: Estratégia 2

| Símbolo | Significado            |
|---------|------------------------|
| S       | frase                  |
| SN      | sintagma nominal       |
| SV      | sintagma verbal        |
| SA      | sintagma adjectival    |
| SP      | sintagma preposicional |
| adj     | adjectivo              |
| adv     | advérbio               |
| art     | artigo                 |
| con     | conjunção              |
| in      | interjeição            |
| nc      | nome comum             |
| prep    | preposição             |
| pdem    | pronome demonstrativo  |
| pind    | pronome independente   |
| ppes    | pronome pessoal        |
| ppos    | pronome possessivo     |
| v       | verbo                  |

Figura 5.4: Símbolos e respectivo significado

| Template                | Frase exemplo                         |
|-------------------------|---------------------------------------|
| art nc adj              | Um gato lindo.                        |
| art adj nc              | Um lindo gato.                        |
| ppes v adj              | Eu sou mau.                           |
| art nc v prep nc        | O gato percebe de ratos.              |
| pind v prep nc adj      | Que escolheste entre coisas ambíguas? |
| art nc adj v adv art nc | Um dia mau acontece todas as semanas. |
| v art adj prep nc       | É o maior em casa.                    |

Figura 5.5: *Templates* utilizados

| Métrica                                  | Estratégia   |
|--|--|
| max sílabas + (pos tónica ou sem tónica) | classe gramatical + atribs morfológicos + terminação |
| max sílabas + pos min/max tónica         | classe gramatical + atribs morfológicos + terminação |
| max sílabas + (pos tónica ou sem tónica) | classe gramatical + atribs morfológicos              |
| max sílabas + pos min/max tónica         | classe gramatical + atribs morfológicos              |

Figura 5.6: Prioridades das restrições na Estratégia 2

### 5.4.3 Prioridades

As prioridades definidas para esta estratégia são de certa forma semelhantes às definidas para a estratégia 1, com a inclusão dos atributos gramaticais e morfológicos (Figura 5.6). No entanto, nesta estratégia as prioridades acabam por ser mais importantes, dado a existência de uma maior quantidade de restrições.

Se mesmo deixando cair algumas restrições não for obtida qualquer palavra, o **template actual é simplesmente alterado** e é pedido um novo que virá com restrições diferentes do anterior (ou até sem restrições morfológicas, devido a dizer respeito ao início de uma nova frase). Mudar o template pode no entanto vir a interromper frases que ficarão incoerentes. Como já foi dito, esta estratégia foi abandonada e por isso este problema nunca veio a ser corrigido, a não ser na estratégia 3, onde é utilizada uma gramática generativa.

### 5.4.4 Parâmetros

Nesta estratégia é possível definir os seguintes parâmetros para a geração:

- **Melodia**
- **Fronteira forte/fraco**

- Tipo da base de dados
- Host da base de dados
- Probabilidade de rima
- Probabilidade de reutilização de palavras
- Divisão da música em partes
- Probabilidade de seleccionar uma conjunção
- Partes musicais por frase

## 5.5 Estratégia 3 - Gramática generativa

Nesta estratégia o módulo *Vocabulário* contém uma **gramática generativa** constituída por várias produções e que, ao adicionar restrições gramaticais às palavras pretendidas, procura que a sequência de palavras construa frases coerentes a nível gramatical e morfológico.

A gramática é utilizada para gerar *templates* de frases gramaticais no entanto possibilita a geração de muito mais combinações entre símbolos, dando por isso origem a uma quantidade muito maior de *templates*. Devido à estrutura da gramática é também mais simples a gestão e organização das várias possibilidades.

### 5.5.1 Descrição da estratégia

Sempre que uma palavra é necessária, o módulo *Métrica* envia ao módulo *Vocabulário* as restrições silábicas para a palavra pretendida. A essas restrições o módulo *Vocabulário* adiciona restrições presentes no próximo símbolo do *template* gerado pela gramática. A este nível cada símbolo da gramática é a representação de uma classe gramatical (que pode conter vários atributos como o género, número, a pessoa, entre outros) (Figura 5.7).

Além da utilização da gramática para construir frases, esta estratégia tira proveito de algumas características referidas na Secção 5.1, nomeadamente: **rimas**, **reutilização de palavras**, **palavras com o mesmo lema** e **coincidência do fim de frases gramaticais com o fim de frases musicais**. Há no entanto algumas diferenças no funcionamento de algumas destas características, nomeadamente nas rimas e na reutilização de palavras. Devido ao elevado número de restrições presentes nesta estratégia, as rimas

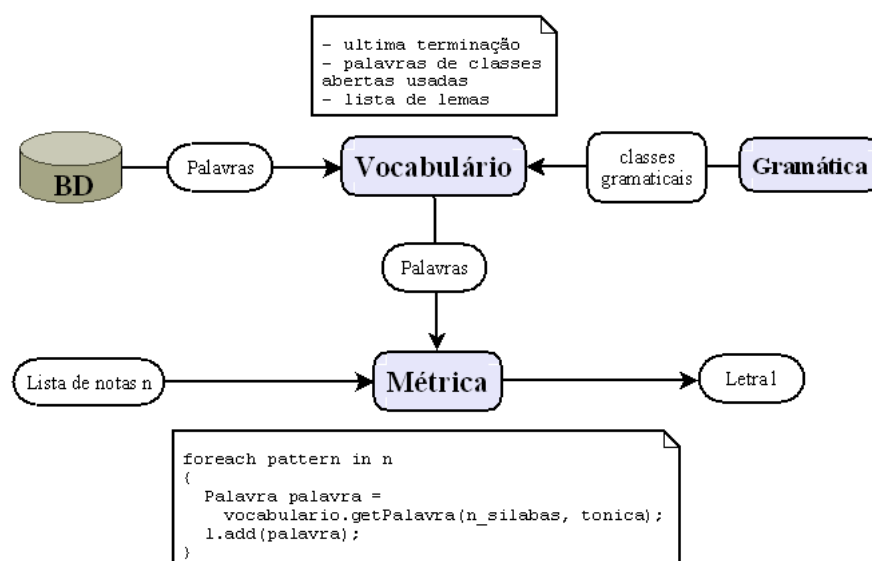


Figura 5.7: Estratégia 3

começam a escassear, mesmo com uma prioridade elevada. Para tentar evitar que as rimas praticamente desapareçam, esta estratégia utiliza o seguinte procedimento ao escolher cada palavra coincidente com o fim de uma frase musical:

- Se a frase for a primeira da letra ou se as duas frases anteriores rimam uma com a outra a estratégia procura uma palavra que respeite as restrições e que tenha um coeficiente de rima elevado<sup>2</sup>. A terminação da palavra escolhida é depois guardada numa lista de terminações.
- Se a frase deve rimar, a estratégia procura encontrar uma palavra que respeite as restrições e que tenha uma das terminações presentes na lista de terminações. Começa por tentar a última terminação e vai até ao início da lista enquanto não encontrar uma palavra. Só se mesmo assim não encontrar é que a restrição relativa à terminação cai.

A diferença em relação à reutilização de palavras prende-se com o facto de só palavras de **classe aberta** serem reutilizadas. Não nos parece necessário estar a repetir outros tipo de palavras como pronomes, artigos ou preposições porque estas palavras apenas são utilizadas para ligar as restantes e acreditamos que reutilizá-las tornaria as letras mais monótonas.

<sup>2</sup>relembramos que este coeficiente se encontra na base de dados e é directamente proporcional ao número de palavras com a mesma terminação.

| Classe | Atributos                    |
|--------|------------------------------|
| adj    | género, número               |
| adv    | género                       |
| art    | género, número               |
| n      | género, número               |
| pdem   | género, número               |
| ppes   | género, número, pessoa, tipo |
| ppos   | género, número               |
| v      | número, pessoa, tempo        |

Figura 5.8: Atributos das classes gramaticais

### 5.5.2 A gramática

A gramática foi implementada por nós e tem como objectivo a geração de *templates* de **frases gramaticais correctas** na Língua Portuguesa. Cada *template* é basicamente uma lista de representações para classes gramaticais. Cada classe gramatical tem um tipo e pode ter vários atributos morfológicos (Figura 5.8). É a gramática a responsável pela coerência morfológica entre as várias classes. Há duas situações essenciais para a manutenção desta coerência:

1. O **género e número** do Sintagma Nominal (SN) têm de ser passados a **todos os elementos** das suas produções que os têm como atributos. Ao começar a preencher uma produção para construir uma frase, caso não exista uma palavra (artigo ou um pronome) de acordo com o género e número do SN, o género e número dessa palavra pode ser alterado, desde que seja garantida alteração de todos os elementos da sua produção.
2. Nas produções iniciadas por um pronome pessoal, a **pessoa** do SN tem de ser passada ao Sintagma Verbal (SV) que o seguir. Se essa pessoa for alterada é também necessário garantir a sua alteração ao verbo.

Os *templates* são gerado através das produções da gramática, que se encontram na Figura 5.9. Cada produção tem ainda um peso associado que vai influenciar a probabilidade de esta ser escolhida. Desta forma é possível fazer com que produções mais vulgares tenham maior probabilidade de serem escolhidas.

A nossa gramática apenas pretende gerar uma amostra das frases possíveis na língua portuguesa e não todas as frases possíveis. A gramática



|    |   |         |  |           |  |                          |  |            |  |           |  |              |
|----|---|---------|--|-----------|--|--------------------------|--|------------|--|-----------|--|--------------|
| S  | → | SN SV   |  | SN SV con |  | SV SP                    |  | SV SP con  |  | SV SP SP  |  | SV SP SP con |
| SN | → | art nc  |  | pdem nc   |  | art nc SA                |  | pdem nc SA |  | art SA nc |  | art SA nc SA |
| SV | → | verbo   |  | verbo SN  |  | verbo verbo <sup>3</sup> |  |            |  |           |  |              |
| SA | → | adj     |  | ppos      |  | ppos adj                 |  | adv adj    |  | adj adv   |  |              |
| SP | → | prep SN |  | prep SV   |  | adv                      |  |            |  |           |  |              |

Figura 5.9: Produções da gramática generativa

sofrerá portanto de subgeração (*undergeneration*). No caso de pretendermos que a gramática cubra a maior variação de frases possível, o problema pode resolver-se com o recurso a um *corpus* complexo e verificar quais as frases nele presentes e que não poderiam ser geradas pela nossa gramática. Para verificar se a nossa gramática sofre de sobregeração (*overgeneration*), ou seja, se há derivações diferentes que produzem a mesma sequência de símbolos, o problema será um pouco mais complexo. Teria de se encontrar uma forma eficiente de gerar frases aleatórias (no entanto correctamente sintácticas) que seriam depois analisadas uma a uma, de forma a procurar diferentes derivações na gramática que produzissem a mesma frase. A resolução deste problema é discutida e aprofundada por Mark-Jan Nederhof em *Efficient generation of random sentences*[47]. Tendo em conta que a nossa gramática não é muito grande o mais fácil acaba por ser construir todas as derivações possíveis (que não são muitas) e verificar se alguma se repete.

### 5.5.3 Parâmetros

Nesta estratégia é possível definir os seguintes parâmetros para a geração:

- **Melodia**
- **Fronteira forte/fraco**
- **Host da base de dados**
- **Probabilidade de rima**
- **Probabilidade de reutilização de palavras**
- **Divisão da música em partes**
- **Partes musicais por frase**
- **Temas**
- **Melhores coeficientes de rima**

| Métrica                                       | Estratégia  |
|---|---|
| max sílabas + (pos tónica ou sem tónica)      | atribos gramaticais e morfológicos + terminação n   |
| max sílabas + pos min/max tónica <sup>4</sup> | atribos gramaticais e morfológicos + terminação n   |
| max sílabas + (pos tónica ou sem tónica)      | atribos gramaticais e morfológicos + terminação n-1 |
| max sílabas + pos min/max tónica <sup>4</sup> | atribos gramaticais e morfológicos + terminação n-1 |
| ...   | ...   |
| max sílabas + (pos tónica ou sem tónica)      | atribos gramaticais e morfológicos                  |
| max sílabas + pos min/max tónica              | atribos gramaticais e morfológicos                  |

Figura 5.10: Prioridades das restrições na Estratégia 3, quando é pretendida uma rima

- Máximo de passagens
- Peso de cada produção

### 5.5.4 Prioridades

Tal como nas estratégias anteriores foram definidas prioridades para as restrições desta estratégia. As prioridades acabam por ser algo semelhantes, mas procuramos aqui representar dois casos possíveis com mais restrições: quando é pretendida uma rima (Figura 5.10) e quando é pretendida uma palavra com determinado lema (Figura 5.11). No primeiro caso há um pequena diferença em relação às estratégias anteriores, já que existe uma *lista com terminações* utilizadas. Quando não é possível encontrar uma palavra com a última terminação, procura-se com a *anterior* da lista, até encontrar uma palavra ou testar todas as terminações, situação em que a restrição da terminação cai. No segundo caso das palavras, seja um ou mais lemas, é sempre procurado de uma só vez por palavras que tenham um dos lemas. Se não for encontrada uma palavra de acordo com as restrições ainda com um dos lemas as restrições seguem as prioridades semelhantes às estratégias anteriores no caso da terminação ou seja, primeiro a posição da tónica passa a ser uma posição mínima ou máxima para a tónica e de seguida, os lemas caem.

Os atributos gramaticais ou morfológicos **nunca podem cair**, porque desta forma seriam formadas frases incoerentes. Há no entanto um conjunto de classes gramaticais que são tratadas como opcionais (pronomes pessoais, pronomes possessivos, adjectivos, advérbios e preposições). Se a classe actual for opcional pode passar-se à classe seguinte sem que se adicione qualquer palavra na letra.

<sup>4</sup>a menos que se pretenda a tónica na primeira sílaba ou não exista. Nesses casos a restrição relativa à tónica cai, podendo a mesma aparecer em qualquer posição.

| Métrica                                       | Estratégia  |
|---|---|
| max sílabas + (pos tónica ou sem tónica)      | atributos gramaticais e morfológicos + mesmo lema que uma das palavras perdidas |
| max sílabas + pos min/max tónica <sup>4</sup> | atributos gramaticais e morfológicos + mesmo lema que uma das palavras perdidas |
| max sílabas + (pos tónica ou sem tónica)      | atributos gramaticais e morfológicos  |
| max sílabas + pos min/max tónica <sup>4</sup> | atributos gramaticais e morfológicos  |

Figura 5.11: Prioridades das restrições na Estratégia 3, quando é pretendida uma palavra com determinado lema

Se testando todas as alternativas de acordo com as prioridades não for possível obter uma palavra e se a categoria gramatical corrente não for opcional existe um sistema de *backtracking*. Este sistema vai **apagar a última palavra** da letra, **recuar** na categoria actual da gramática e voltar a tentar obter uma palavra. É possível que a palavra continue a não existir, e nesse caso o processo repetir-se-à recuando cada vez mais. A certa altura que pode acontecer é voltar-se ao início do *template* actual. Se isso acontecer, ele é **trocado** por um novo *template* gerado pela gramática. o processo de selecção de palavras continua normalmente, mas com um novo *template*. Para que o *backtracking* funcione correctamente existe também um sistema de controlo de ciclos, que impede que o programa insista na mesma situação (para a qual o mais provável é até não haver solução) mais vezes que um número definido pelo utilizador.

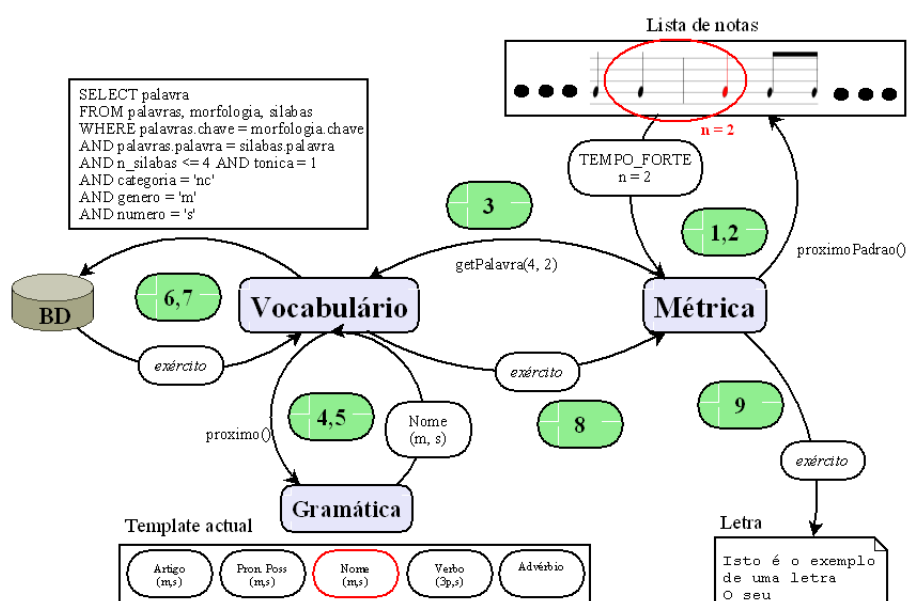
### 5.5.5 Interacção Métrica-Vocabulário na estratégia 3

A Figura 5.12 contém uma sequência de interacções e trocas de informação que ocorrem num caso específico de selecção de uma palavra (*exército*) para o caso da estratégia 3. Nas estratégias 1 e 2 ocorrem interacções semelhantes, com a excepção da gramática, que simplesmente não existe na estratégia 1 e na estratégia 2 é substituída pela *Seleção de templates* e pela *Morfologia*.

## 5.6 Estratégia 4 - Generate and test

Esta estratégia procura realizar uma geração baseada num processo de *generate and test* e surgiu de um conjunto de factores:

1. Garantir em primeiro lugar que as frases estão correctamente construídas e só depois verificar se o ritmo é respeitado, ou seja, o contrário



1. Pedido do próximo padrão rítmico (*Métrica* → *Lista de notas*)
2. Retorno do próximo padrão rítmico (*Lista de notas* → *Métrica*)
3. Pedido de palavra de acordo com o padrão (*Métrica* → *Vocabulário*)
4. Pedido da próxima categoria gramatical (*Vocabulário* → *Gramática*)
5. Retorno da próxima categoria gramatical (*Gramática* → *Vocabulário*)
6. Query à base de dados (*Vocabulário* → *Base de dados*).  
No caso de se pretender uma rima ou uma palavra com determinada raiz, esses dados são introduzidos na query. Quanto ao caso da reutilização de palavras a base de dados não é utilizada. A palavra é obtida através de uma estrutura interna do módulo Vocabulário
7. Retorno do resultado da query (*Base de dados* → *Vocabulário*)
8. Retorno da palavra (*Vocabulário* → *Métrica*)
9. Inserção da palavra na letra (*Métrica* → *Letra*)

Figura 5.12: Exemplo das interações para a selecção de uma palavra na estratégia 3.

das restantes estratégias.

2. Garantir que a cada parte musical corresponde uma frase gramatical.
3. Inspiração na avaliação da métrica utilizada por Manurung [6].
4. Vontade de experimentar uma estratégia próxima de uma abordagem evolucionária.
5. Facilidade de implementação de um algoritmo de *generate and test*.

### 5.6.1 Descrição da estratégia

Das quatro estratégias descritas neste documento, a estratégia de *generate and test* é a única que tem o parte da selecção de palavras bastante diferente das outras, apesar de podermos considerar algum paralelismo entre esta estrutura. O módulo *Métrica* e o módulo *Vocabulário* são respectivamente substituídos pelos módulos *Avaliação* e *Geração de Frases*. A função do primeiro é obter frases do segundo, avaliá-las e guardá-las se for o caso. O segundo utiliza a gramática generativa implementada para a estratégia 3 para obter uma lista de classes gramaticais que vai depois preencher com palavras da base de dados. Esta estratégia começa por é gerar uma frase aleatória para a primeira parte da música. Essa frase é avaliada através de uma função descrita na próxima secção e o par frase/pontuação é guardado. De seguida é gerada uma nova frase que é também avaliada. Se a nova frase obtiver uma pontuação melhor à anterior, vai substituí-la. Este processo continua até que seja gerada uma frase cuja pontuação esteja abaixo de um limite definido como aceitável ou então até se chegar a um número que se tenha definido como o máximo de frases a gerar para cada parte da música. O processo é repetido para todas as partes da música. Sendo as frases geradas de forma completamente aleatória, pode dar-se o caso de uma frase aceite ser muito menor ou muito maior que a parte, ou seja, que contenha menos ou mais sílabas que as notas daquela parte da música:

- No caso de ser aceite uma **frase menor** pode acontecer uma de duas coisas:
  - Se a frase for pouco menor<sup>4</sup> que a parte, a última sílaba é prolongada até preencher todas as notas da parte
  - Se a frase for muito menor<sup>4</sup>, considera-se o conjunto de notas da parte que não tem sílabas atribuídas como uma nova parte,

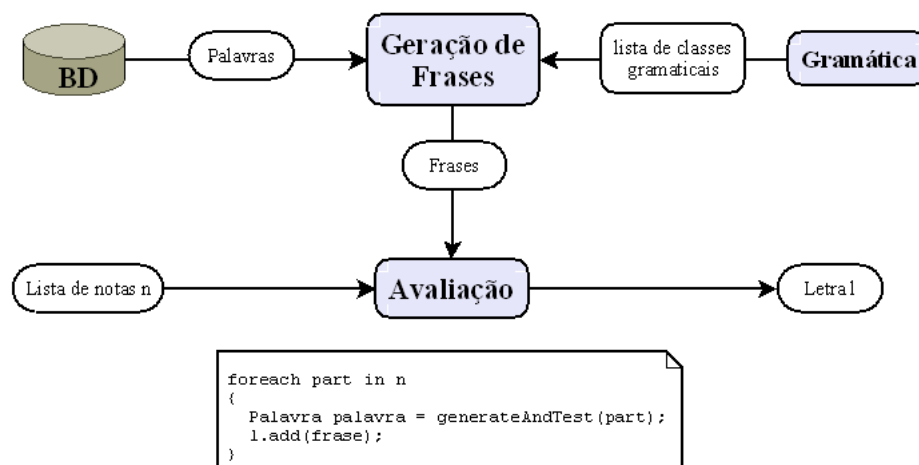


Figura 5.13: Estratégia 4 - generate and test

para a qual se tentará arranjar uma nova frase através do mesmo processo.

- As **frases maiores** têm pouca probabilidade de ser aceites, porque são fortemente penalizadas. No entanto, se a frase tiver algumas sílabas a mais que as notas da parte, as sílabas excedentes são todas contraídas à última. Quando a letra for cantada, se a contracção soar mal, o intérprete poderá eventualmente tentar redistribuir as sílabas por aquela parte da música.

### 5.6.2 Função de avaliação

A função de avaliação é bastante inspirada na avaliação da métrica utilizada por Manurung [6], mas além de pretender avaliar se determinada frase respeita determinado padrão rítmico, procura também penalizar outros factores, como por exemplo a falta de rima.

Para avaliar cada frase foram definidos três parâmetros importantes a penalizar. A pontuação atribuída pela avaliação é igual à soma de todas as penalizações (numeradas de 1 a 6):

- **Tamanho:** A frase tem mais(1) ou menos sílabas(2) que o número de notas da parte. Como referido na secção anterior, as frases com mais

<sup>4</sup>O número de sílabas para que uma frase seja considerada pouco menor ou muito menor é definido antes de iniciada a geração.

sílabas que o necessário são mais fortemente penalizadas que as com menos.

- **Ritmo:** Existem sílabas átonas associadas com notas que ocorrem em tempos fortes(3). É também possível penalizar as sílabas tónicas associadas a notas em tempos fracos(4), mas tendo em conta que é algo bastante mais comum, optamos por raramente activar essa penalização.
- **Sonoridade:** Não existem rimas no final das frases(5) ou existem palavras “cortadas” por uma pausa(6).

É possível alterar o valor das várias penalizações, mas aquelas que são mais críticas para o ritmo (1 e 3) devem ter um valor superior.

### 5.6.3 Parâmetros

Tendo em conta que esta estratégia segue uma filosofia diferente das restantes foram introduzidos alguns parâmetros mais específicos.

Parâmetros comuns:

- **Melodia**
- **Fronteira forte/fraco**
- **Host da base de dados**
- **Divisão da música em partes**
- **Peso de cada produção**

Parâmetros introduzidos nesta estratégia:

- **Pontuação aceitável:** Pontuação obtida na avaliação, a partir da qual uma frase é aceite para integrar a letra.
- **Número de gerações para cada frase:** Número máximo de gerações necessário atingir para que uma frase seja aceite, mesmo sem estar a baixo da pontuação considerada aceitável.
- **Penalizações:** Valores das várias penalizações (sílabas átonas em tempo forte, sílabas tónicas em tempo fraco, sílabas a mais que o tamanho da frase, sílabas a menos que o tamanho da frase, palavras cortadas por uma pausa ou falta de rima)

## 5.7 Crítica às estratégias

A estratégia 1 é interessante, gera letras raramente fora do ritmo e por vezes potenciais um objectos com fim humorístico. Não se pode apesar disso esperar grande evolução da mesma. Esta estratégia prova no entanto que o algoritmo utilizado para gerar texto de acordo com o ritmo funciona bem, quando não estão envolvidas muito mais restrições.

Como já foi dito, a estratégia 2 foi abandonada e acabou por evoluir para a estratégia 3. Tem alguns problemas como a difícil gestão de um grande número de *templates* (que acabou por nunca existir), a coerência entre pessoa e verbo que simplesmente não é tratada ou ainda a interrupção súbita de algumas frases e perda de algumas classes pelo meio. A primeira acontece porque não existe um sistema de *backtracking* e a segunda porque, sempre que é pedida uma nova palavra, a lista de templates avança para o próximo, mesmo que o anterior não tenha sido preenchido.

A estratégia 3 foi aquela em que procuramos inserir mais características. É também aquela que pretendemos melhorar no futuro. Para melhorar esta estratégia seria necessário tratar de dois pontos essenciais. Primeiro as regras da gramática teriam de ser bastante refinadas e mais situações pontuais deveriam ser contempladas, dado que por vezes ainda ocorrem frases “estranhas”. O outro ponto está relacionado com a associação de cada frase gramatical a um número definido de frases musicais. Para que esta associação não fosse simplesmente forçada seria necessário arranjar uma forma de prever o tamanho de cada frase gramatical e procurar aquela que mais próxima ficasse do tamanho das frases musicais. Cada representação de uma classe gramatical contém uma constante relativa ao número médio de sílabas das palavras dessa classe, presentes na base de dados. Essa constante poderia ser útil para uma previsão do tamanho das frases, mas acabou por nunca ser utilizada.

A estratégia 4 poderia evoluir para uma abordagem consideravelmente diferente na resolução deste problema: a utilização de algoritmos evolucionários. No entanto, isso levar-nos-ia a repensar todo o problema de uma forma bastante diferente. Tendo em conta que o algoritmo que utilizamos nas estratégias anteriores já é capaz de gerar letras com relativa qualidade acabamos por não optar por esse caminho. Será no entanto sempre possível explorar uma abordagem evolucionária no futuro.



# Capítulo 6

## Alguns resultados

Neste capítulo serão mostradas algumas letras geradas pelo sistema, mais propriamente uma gerada através de cada estratégia. Serão apresentados os parâmetros de geração utilizados para cada uma e uma breve análise da letra. No Apêndice G encontram-se mais exemplos de letras geradas pelo Tra-la-Lyrics.

Junto às letras geradas pelas estratégias que seguem estruturas gramaticais foram colocadas também as categorias de cada palavra. Quando aparece um ponto (.) significa o fim de um *template* e quando aparece o “|” significa que um template foi interrompido e trocado.

Há três parâmetros comuns às quatro letras:

|                              |  |
|------------------------------|--|
| <b>Fronteira forte/fraco</b> | 2 (Em todos os tipos compasso considerados o primeiro tempo é forte. Nos 4/4 o terceiro também é considerado forte.) |
| <b>Tipo da base de dados</b> | A base de dados criada por nós.  |
| <b>Probabilidade de rima</b> | 100%   |

### 6.1 Estratégia 1

A letra gerada através da estratégia 1 (Figura 6.1) respeita o ritmo na totalidade, mas a sequência de palavras é completamente **aleatória**.

As únicas exceções à completa aleatoriedade das palavras trata-se daquelas que são **repetidas** e das foram escolhidas propositadamente para originar **rimas**. A palavra “provisórios” é repetida várias vezes criando um efeito engraçado e existem rimas entre as palavras “servirão” e “expansão” e “pilar” e “andar”. Estas **rimas ocorrem no final das partes** dadas como parâmetro.

## Parâmetros de geração:

|   |                                  |
|---|----------------------------------|
| Melodia                                   | Infantil - <i>Três pombinhas</i> |
| Estratégia                                | 1                                |
| Probabilidade de reutilização de palavras | 80%                              |
| Divisão da música em partes               | [16;16;16;16]                    |

## Três Pombinhas ou Passaporte falso

*Tra-la-Lyrics - rimas*

vi - gi - a - va in - fla - má - veis con - ti - nen - tes ser - vi - rão pas - sa -  
 por - te pro - vi - - só - ri - os ti - - ra - ram ex - pan - - são  
 pro - vi - só - ri - os bri - lhan - te pro - vi - só - ri - os pi - lar pro - vi -  
 só - ri - os des - men - te pro - vi - só - ri - os an - dar

|  |
|--|
| Vigiava inflamáveis continentes servirão<br>passaporte provisórios tiraram expansão<br>provisórios brilhante provisórios pilar<br>provisórios desmente provisórios andar |
|--|

Figura 6.1: Letra gerada através da estratégia 1

## 6.2 Estratégia 2

Esta letra (Figura 6.2), gerada através da estratégia 2 também respeita o ritmo, apesar da existência de um maior número de restrições na selecção de palavras.

Relembramos que nesta estratégia se procura seguir *templates* de frases gramaticais. Tendo em conta tratar-se da estratégia 2, **não existe conjugação verbal**, o que acaba por piorar a sonoridade e qualidade da letra. Vários *templates* são interrompidos havendo para cada situação uma de duas explicações:

- **Fim de uma frase musical**, tendo em conta que foi dado como parâmetro de geração o número 1, ou seja, uma frase gramatical deve coincidir com uma frase musical. Esta situação verifica-se por exemplo entre as palavras “se” e “atrai”, “vais” e “lhe” e “pés” e “ranger”.
- **Não terá sido possível encontrar uma palavra** de acordo com as restrições mesmo após percorrer a lista de prioridades. Esta situação verifica-se por exemplo entre as palavras “por” e “vais” e as palavras “sem” e “um”.

Encontram-se duas frases ligadas através da **conjunção** “enquanto”. Também existe repetição de palavras como “enquanto” ou “atrai”. Existe uma única rima, mas onde ambas as intervenientes são a palavra “atrai”. Tendo em conta a posição em que se encontra o mais provável é ter sido seleccionada com o propósito de rimar e não simplesmente para ser repetida.

## 6.3 Estratégia 3

A letra gerada através da estratégia 3 (Figura 6.3) e respeita o ritmo na maior parte das situações. A única excepção trata-se da primeira palavra da letra, “aquela”, que apesar de ter o acento tónico na sílaba do meio tem a última sílaba num tempo forte. Esse problema não interfere muito ao cantar, onde o normal será passar a acentuação para a última sílaba da palavra.

A gramática produziu **frases correctas** mas, apesar de se ter seleccionado que uma frase gramatical deveria abranger duas frases musicais, uma frase gramatical abrange exactamente uma frase musical. Esta situação é sempre possível, já que uma frase gramatical tem um comprimento variável. Se a primeira não preencheu toda a frase gramatical, a gramática gera um novo *template*. O módulo *Vocabulário* apenas recebe informação acerca da

## Parâmetros de geração:

|   |  |
|---|--|
| Melodia                                   | The Animals - <i>House of the Rising Sun</i> |
| Estratégia                                | 2  |
| Probabilidade de reutilização de palavras | 30%  |
| Divisão da música em partes               | [14;15;18;13]                                |
| Probabilidade de selecionar uma conjunção | 80%  |
| Partes musicais por frase                 | 1  |

## House of the Rising Sun ou O cão leitor

*Tra-la-Lyrics - templates*

$\text{♩} = 115$

o cão leitor enquanto se atrai uns  
maus por vais lhe atrai comum enquanto  
quan-to os pés ran-ger um cur-to sem um dom

O cão leitor enquanto se atrai uns  
maus por vais lhe atrai comum enquanto  
os pés ranger um curto sem um dom

art nc adj . con . ppes | v art  
adjprep | v | ppes v adj . con .  
art nc | v art adj prep | art nc

Figura 6.2: Letra gerada através da estratégia 2 e respectivos *templates* seguidos

## Parâmetros de geração:

|   |                              |
|---|------------------------------|
| Melodia                                   | Pearl Jam - <i>Last Kiss</i> |
| Estratégia                                | 3                            |
| Probabilidade de reutilização de palavras | 50%                          |
| Divisão da música em partes               | [17;13;14;19]                |
| Partes musicais por frase                 | 2                            |
| Temas                                     | [beijo;beijar;amor;amar]     |

## Last Kiss ou O Amor das rãs

Tra-la-Lyrics - gramática

$\text{♩} = 120$

a - que - la vil traz es - se - - al - ca - trão -

a - me uns na - - mo - - ra - - dos hum - -

um a - ma - dor ar - gu - men - tou o a - mor - os bei - jos a - pro - va - dos jun - ta -

rão - as rãs - -

|   |
|---|
| <p>Aquela vil traz esse alcatrão<br/> Ame uns namorados hum<br/> um amador argumentou o amor os beijos aprovados<br/> juntarão as rãs</p> |
| <p>pdem nc v pdem nc .<br/> v art nc in  <br/> art nc v art nc . art nc adj<br/> v art nc .</p>   |

Figura 6.3: Letra gerada através da estratégia 3

próxima categoria no *template* e não tem, nem precisa, de qualquer informação acerca da troca.

Existe uma rima nesta letra, mas terá sido casual, dado que se encontra numa posição que não é o final de uma parte musical. Não há repetição de palavras de classe aberta mas são utilizadas bastantes palavras da famílias dos temas dados: “ame”, “amador”, “amor” e “beijos”. Houve também a felicidade de ser seleccionada a palavra “namorados” que está de certa forma relacionada com os temas.

## 6.4 Estratégia 4

A letra gerada através da estratégia 4 (Figura 6.4) tem várias situações de palavras **fora do ritmo** como por exemplo “toma”, “aquela”, “perspectivas”. A palavra “nos” também se encontra numa situação fora do ritmo mas devido a outra questão: não existe na base de dados (o mesmo se passa com “vos”), porque é confundida com a palavra “nós” que já lá se encontra. Tendo em conta tratarem-se ambos de pronomes pessoais, quando aparecem depois do verbo foi feita a alteração de “nós” para “nos”.

Como teria de acontecer, **todos o finais de partes musicais coincidem também com o fim de uma frase gramatical**. Tal como noutras letras geradas através desta estratégia há poucas frases gramaticais que abrangem a totalidade de uma frase musical. Aparentemente, penalizar mais as frases cujo tamanho excede o permitido do que aquelas em que o tamanho é inferior ao necessário faz com que sejam escolhidas **frases pequenas**, normalmente dentro do ritmo, até preencher toda a frase musical. São muita vezes seleccionadas frases constituídas por um verbo entre dois pronomes pessoais. Estas são provavelmente as construções mais curtas em tamanho de sílabas que a gramática permite: todos os pronomes pessoais têm uma ou duas sílabas e existem muitas formas verbais com uma ou duas sílabas.

Nesta letra encontram-se ainda palavras com sílabas **contraídas** ou **prolongadas**. Recordamos que é isso que a estratégia faz, quando sobram até duas notas ou há duas sílabas em excesso para abranger uma frase musical. Por vezes é difícil cantar estas situações, que vão sendo menores, com o aumentar do número máximo de gerações para cada frase. A ideia passa também por deixar ao critério do intérprete se quiser rearranjar alguma destas situações, compensando por exemplo prolongamentos com contracções exageradas.

Existem algumas rimas como “seja” e “deseja” ou “tarda” e “aguarda”, o que significa que a função de avaliação está, através da penalização das frases sem rima, a privilegiar frases onde a mesma existe, tal como se pretende.

## Parâmetros de geração:

|                                    |   |
|------------------------------------|---|
| Melodia                            | José Afonso - <i>A Formiga no Carreiro</i>  |
| Estratégia                         | 4   |
| Divisão da música em partes        | [8;8;10;9;9;9;9;7;10;8]   |
| Número de gerações para cada frase | 200   |
| Pontuação aceitável                | 5   |
| Penalizações                       | tamanho a mais=5; tamanho a menos=3; átona em tempo forte=5; tônica em tempo fraco=0; falta de rima=3; corte por pausa=4; |

## A Formiga no carreiro ou A nossa degradação tarda

Tra-la-Lyrics - GT

$\text{♩} = 160$

tu bóias vos tu sejas nos nós an - dá - mos nos se pôs -  
 cai en - tre nós as cau - sas in - ves - tiram vós re - des vos dis - se - ra  
 to - ma pra des - cer se - ja a - que - la vi - ú - va de - seja tu pers -  
 pec - ti - vas en - quan - to - eu men - ti - ra nos - - a nos - sa  
 de - gra - da - ção tar - da - o a - - mi - go a - guar - da

Tu bóias vos tu sejas nos nós andámos nos se pôs  
 cai entre nós as causas investiram vós redes vos dissera  
 toma pra descer seja aquela viúva deseja tu perspectivas  
 enquanto eu mentira nos a nossa  
 degradação tarda o amigo aguarda

ppes v ppes . ppes v ppes . ppes v ppes . ppes v .  
 v prep ppes . art nc v . ppes v ppes . v .  
 v prep v con . pdem nc v . ppes v  
 con . ppes v ppes . art ppos  
 nc v . art nc v .

Figura 6.4: Letra gerada através da estratégia 4





# Capítulo 7

## Validação dos resultados

Este capítulo é dedicado à validação dos resultados gerados pelo Tra-la-Lyrics.

Para validar o ritmo foi utilizado o **sistema de extracção de informação**, tornando possível a comparação entre alguns resultados obtidos na fase inicial do trabalho, com os obtidos para as letras geradas automaticamente.

Para avaliar outras características mais **subjectivas**, como a sonoridade ou até a qualidade geral das letras geradas, recorreremos à opinião de voluntários através da resposta a **inquéritos**, uma prática de certa forma comum neste tipo de sistemas. Por exemplo, Kim Binsted recorreu à opinião de crianças para avaliar o seu sistema de geração de piadas [2] e Federico Peinado [48] submeteu histórias geradas automaticamente à avaliação de estudantes e professores da sua universidade. Ambos os casos referidos anteriormente se fizeram apoiar na comparação dos resultados gerados pelos seus sistemas com resultados gerados de outras formas (por outros sistemas ou até por seres humanos). No nosso caso, os respondentes aos inquéritos avaliaram quatro letras diferentes, todas geradas pelo nosso sistema, mas através de estratégias diferentes.

### 7.1 Validação

Uma forma de validar o Tra-la-Lyrics passaria por gerar letras para cada uma das 42 músicas analisadas pelo sistema de extracção de informação (Secção 3.6, analisá-las com o mesmo sistema e comparar depois os resultados. Seria também interessante fazê-lo de forma independente para cada uma das estratégias.

Se a geração das letras fosse completamente aleatória estaríamos perante

uma distribuição uniforme, porque utilizamos um gerador de números aleatórios que terá igual probabilidade de gerar cada número dentro de um intervalo pedido e por isso com igual probabilidade de seleccionar qualquer palavra. No entanto cada estratégia tem as suas restrições. Umás mais outras menos, mas a verdade é que a geração nunca é puramente aleatória o que faz com que a distribuição não seja conhecida. Acreditamos no entanto que, tendo em conta as restrições, dentro de uma população que englobaria todas as letras possíveis, há com certeza letras cuja probabilidade de virem a ser geradas é superior a outras (por exemplo, as que respeitam o ritmo, têm rimas em determinado sítio ou seguem uma estrutura gramatical correcta têm maior probabilidade de vir a ser geradas). Segundo o Teorema do Limite Central, para qualquer população seguindo uma distribuição estatística de média  $\mu$  e variância  $\sigma^2$ , as médias de um conjunto de amostras com  $N$  elementos seguem uma distribuição normal, com média tendendo para  $\mu$  e variância tendendo para  $\sigma^2/N$ , à medida que  $N$  tende para infinito. Quando a população estatística não é muito “exótica” existe uma regra empírica que consiste em admitir que para uma amostra maior ou igual a 30 se tem uma boa aproximação da média [49]. As letras geradas pelo nosso sistema constituem uma população regular, tendo em conta que no mínimo têm um número fixo de sílabas e que só podem ser constituídas por um número finito de palavras. A aplicação das restantes restrições só vai fazer com que a população seja ainda mais regular.

Na prática seriam então geradas por cada estratégia 30 letras para cada uma das 42 músicas. Isso daria o número de  $4 * 30 * 42 = 5040$  letras. A geração de todas estas letras iria consumir muito tempo, principalmente utilizando a estratégia 4 (*generate and test*) que é bastante mais morosa que as restantes. Grande parte das letras geradas pelo sistema são facilmente “cantáveis” devido a respeitarem o ritmo, o que leva a crer que as regras rítmicas são na grande maioria das vezes respeitadas. Foi portanto escolhido um grupo constituído por três músicas, retirado das 42. Houve nessa escolha o cuidado de escolher músicas com métricas diferentes, ou seja, com diferentes tipos de compasso, mais propriamente uma música com divisão binária (como no 4/4), outra ternária (como no 3/4) e por fim uma composta (como no 6/8).

### 7.1.1 Análise dos resultados

#### Ritmo

Como é possível verificar através da observação dos resultados, no que diz respeito às letras geradas através das estratégias 1, 2 e 3 a **esmagadora maioria dos tempos fortes das melodias está associada a sílabas tónicas.**

Comparando os resultados relativos às letras geradas pelo nosso sistema com os obtidos através da análise inicial das 42 músicas, é possível verificar que as letras geradas têm ainda mais sílabas tónicas em tempos fortes. Tendo em conta que um dos nossos principais objectivos é que o texto esteja de acordo com o ritmo, os resultados acabam por **validar** as três primeiras estratégias. De outro resultado não se estaria à espera, recordando que estas estratégias começam por analisar os padrões da melodia e identificar o tipo de palavras necessário para respeitar o ritmo.

Apenas para a geração da letra para a música *Alecrim* (4/4) foi dado como entrada uma divisão da mesma em partes. Relembramos que essa divisão é utilizada para a existência de rimas, que por sua vez têm uma prioridade superior às restrições métricas. Poder-se-ia então esperar que o número de sílabas átonas em tempos fortes nas letras geradas para essa música fosse maior, mas não é isso que acontece. O número de situações propícias à existência de rimas (4) é muito pequeno relativamente ao universo de todas as palavras da letra. O número de situações em que a restrição métrica terá caído em detrimento da rima será ainda mais pequeno e por isso irrelevante. No que diz respeito à estratégia 4 o ritmo já não é tão respeitado. Apesar disto, e tendo em conta que o número total de sílabas átonas é maior que o número total de sílabas tónicas, os tempos fortes têm maior quantidade de sílabas tónicas que os mais fracos. O menor respeito do ritmo por parte das letras geradas através da estratégia 4 dever-se-á essencialmente ao facto desta estratégia começar por gerar frases e só depois avaliar se as mesmas respeitam o ritmo. Apesar do ritmo ser avaliado, como há um número limite de gerações até ser escolhida uma frase, mesmo sem uma boa avaliação (ainda que melhor que todas as restantes geradas), podem vir sempre a ser seleccionadas frases fora do ritmo.

## Resoluções

As resoluções não foram propriamente a principal preocupação na implementação do nosso sistema. Apesar disso foram tidas em conta nos casos de não existir uma palavra de acordo com as restrições necessárias. Nessas situações era procurada uma palavra em que a posição da tónica deixasse de ser fixa e se tornasse na posição mínima<sup>1</sup>. No entanto isto só é possível se a palavra pretendida não tenha a última sílaba tónica. Mesmo assim o mais normal será não encontrar uma palavra de acordo com o pretendido.

Como se pode reparar, os resultados das resoluções nas estratégias 2 e 3 não estão de forma alguma semelhantes aos obtidos através da análise inicial das

---

<sup>1</sup>Quanto maior a posição dum sílaba, mais perto do fim da palavra esta está.

42 músicas. A maior parte das resoluções são feitas apenas noutra compasso, muito provavelmente até no primeiro tempo do compasso seguinte. Esta situação acontece não só pelo tratamento superficial que o nosso sistema dá às resoluções, mas também não lhe será alheio o facto de, nas três músicas escolhidas existirem compassos constituídos por uma só nota forte que não pausa. Se só existe uma nota nesse compasso e se é forte, a coincidência de uma sílaba átona com essa nota vai levar a que a resolução tenha obrigatoriamente de ser feita no compasso seguinte.

Para as resoluções serem melhor analisadas, os resultados (tanto na extracção de informação, como na validação) poderiam eventualmente ter sido obtidos de forma a contabilizar estas situações.

## 7.2 Avaliação

### 7.2.1 Processo

A avaliação do nosso sistema foi feita recorrendo a um inquérito online, como o que se encontra no Apêndice F, Figura F.1. Os inquéritos podiam ser acedidos através de um *browser* e encontraram-se online durante duas semanas. Eram constituídos por quatro secções, cada uma com uma letra diferente seguida de um conjunto de questões, que se repetia em cada secção, de maneira a serem respondidas as mesmas questões para cada letra. As letras apresentavam-se sob a forma de partitura, texto e era ainda possível escutar uma interpretação cantada e acompanhada de guitarra. Cada letra foi gerada com uma estratégia diferente, mas os respondentes não foram informados de qualquer diferença existente no processo da geração.

Com os inquéritos pretendeu-se avaliar vários pontos, explicados na tabela da Figura 7.1.

Antes de submeter as respostas era pedido aos respondentes que inserissem a sua idade e o tempo que tinham demorado a preencher o inquérito. Foram obtidas setenta respostas ao inquérito por pessoas com uma média de 22.71 anos de idade, sendo o desvio padrão de 5.47. Os tempos demorados tiveram uma média de 15.35 e um desvio padrão de 5.76, o que nos diz que houve gente a demorar tempos bastante diferentes. Analisando melhor estes resultados vemos que houve cinco pessoas que demoraram 30 minutos, mas também uma que demorou só 5. Mais informações acerca da avaliação como as letras utilizadas, os respectivos parâmetros de geração e ainda o conjunto das respostas dadas podem ser consultadas no Apêndice F.

| Ponto                                       | Forma de avaliação  | Objectivo   |
|---|---|---|
| <b>Articulação com o ritmo</b>              | Classificação de 0 (péssima) a 4 (encaixa perfeitamente).   | Avaliar o <b>ritmo</b> através de seres humanos, procurando comprovar os resultados da validação.   |
| <b>Identificação das frases gramaticais</b> | Separação da letra em frases.   | Verificar se quando existe a noção de <b>frase</b> ela é suficientemente explícita.   |
| <b>Rimas</b>                                | Classificação de 0 (inexistentes/péssimas) a 4 (muito boas) e identificação da melhor rima.   | Avaliar a qualidade das <b>rimas</b> .  |
| <b>Sonoridade geral</b>                     | Classificação de 0 (péssima) a 4 (muito agradável) e identificação das palavras com melhor e pior sonoridade.   | Avaliar se o texto gerado é <b>agradável ao ouvido</b> e se existem palavras na base de dados que simplesmente não devem fazer parte de uma letra, devido a soarem mal. |
| <b>Semântica</b>                            | Classificação do sentido retirado da letra de 0 (nenhum) a 4 (bastante claro) e atribuição de um título para a letra.   | Verificar se, apesar de nunca existir um <b>sentido</b> explícito alguma seântica emerge e comparar as várias estratégias a este nível.                                 |
| <b>Qualidade geral</b>                      | Classificação da qualidade geral da letra de 0 (péssima) a 4 (muito boa) e classificação da capacidade da mesma proporcionar entretenimento de 0 (não tem piada nenhuma) a 4 (fartei-me de rir) | Avaliar a <b>qualidade</b> (sempre subjectiva) da letra e ainda a sua capacidade de ser utilizada como elemento <b>humorístico</b> ou de <b>entretenimento</b> .        |

Figura 7.1: Avaliação

## 7.2.2 Análise dos resultados

Fazemos aqui uma análise dos resultados da avaliação do sistema. É preciso ter em conta que esta avaliação é muito limitada e nunca será suficiente para avaliar todo o sistema, dado que nela se avaliam apenas letras geradas para a mesma melodia.

### Ritmo

No que diz respeito ao ritmo, pelo menos para a letra gerada pela primeira estratégia confirmam-se os resultados da validação. A média das classificações do ritmo **não esteve muito longe do valor máximo** (3.3/4) com desvio padrão inferior a 1. A verdade é que ao analisar a letra facilmente se verifica que todos os tempos fortes estão associados a sílabas tónicas e que, apesar de se tratar da estratégia 1, a letra parece estar bastante próxima da estrutura musical havendo um paralelismo muito próximo entre o ritmo das duas.

Relativamente às restantes estratégias a avaliação do ritmo foi também **positiva**, apesar de um valor abaixo da estratégia 1. Entre as três letras a única em que todos os tempos fortes coincidem com sílabas tónicas é a letra gerada através da estratégia 2. Curiosamente esta é também a que tem pior classificação das três (ainda que por uma diferença quase insignificante). Isto dever-se-á ao facto da estrutura da letra não ser bem paralela à da melodia. Ainda que os templates estejam adaptados às várias partes da música, a sua sequência acabou por criar relações propícias à compreensão de outras frases. Será também por isto que a avaliação do ritmo desta estratégia tem o maior desvio padrão. Diferentes pessoas terão identificado diferentes frases, sendo que algumas não se adaptavam ao ritmo de forma correcta.

No que diz respeito à divisão do texto da letra em frases em **nenhuma** das letras houve alguém a acertar todas as divisões. Na estratégia 1 essa divisão simplesmente não existia, mas foi surpreendentemente aquela em que houve uma menor variação de divisões escolhidas. As mais escolhidas foram no entanto divisões de 8 em 8 palavras (linha a linha), de 2 em 2 ou de 4 em 4. Escolhas muito provavelmente influenciadas pelo ritmo da melodia. Nas restantes estratégias, as divisões mais escolhidas apesar de não serem as mesmas são um **subgrupo das divisões pelo programa**. Na letra gerada pela estratégia 2 passa-se o que já foi referido no parágrafo anterior, ou seja, há várias relações possíveis entre a sequência de palavras, podendo diferentes pessoas identificar diferentes frases. Na letra gerada pela estratégia 3 foram geradas frases complexas que terão levado à sua divisão (como por exemplo na posição 4) e existe também uma frase que é interrompida de modo ao seu fim coincidir com a frase musical não dando a ideia de se tratar de uma frase

(posição 8, palavra “nós”).

### Rimas

A avaliação das rimas foi **positiva** na letra gerada pela estratégia 1. É normal dado ser a estratégia onde a procura de rima é uma das únicas restrições. Mesmo assim a média das classificações ficou um bocado a baixo do esperado (média de 2.5 com um desvio padrão apenas de 0.8). A letra gerada pela estratégia 2 simplesmente não contém rimas, não sendo por isso de estranha a **baixa classificação** neste ponto. Apesar disso ainda houve quem considerasse algumas situações uma rima, como se pode observar na Figura F.13. Nas letras geradas pelas estratégias 3 e 4 a classificação da qualidade das rimas ficou um pouco a baixo dos 2 valores (50%). Não era de todo esperado, visto ambas conterem rimas interessantes embora em menos sítios que a letra gerada pela estratégia 1. Provavelmente a qualidade das rimas não terá agradado a quem respondeu, que até pode ter atribuído a classificação com base naquela que deu à letra 1 (que terá sido superior).

### Sonoridade

O principal objectivo da avaliação da sonoridade trata-se de verificar se as letras geradas são agradáveis ao ouvido. É certo que apenas com estas letras avaliadas é difícil avaliar a sonoridade geral das letras geradas. Dos resultados podemos concluir que a letra com melhor sonoridade é a gerada pela estratégia 1, o que não é de estranhar, tendo em conta que também é aquela em que tanto **ritmo** como nas **rimas** obtiveram melhor classificação. A que tem pior sonoridade é a letra gerada através da estratégia 2, que também foi aquela com classificações mais negativas nos pontos anteriores. Outro dos objectivos da avaliação de sonoridade seria identificar palavras cuja sonoridade não fosse suficientemente agradável para fazer parte das nossas letras. É claro que há palavras que podem soar bem numa letra e mal noutra, mas também há palavras que regra geral soam mal, como é o caso de “teorizaram” ou “informáticas”. Palavras como “saudades” ou “romance” soam normalmente bem, ou pelo menos são palavras que estamos habituados a encontrar numa letra musical. É isso que podemos verificar pelos resultados desta avaliação. Uma escolha interessante no que diz respeito a palavras com má sonoridade tratou-se das palavras “nós” e “tais” na letra 3. A razão para a sua escolha prender-se-á com o facto de serem situações em que as frases são interrompidas, para que haja coincidência com o fim da frase musical respectiva. Para seleccionar um grupo de palavras a retirar da base de dados seria necessária uma avaliação de sonoridade mais exaustiva.

### Semântica

A semântica não é tratada por **nenhuma** parte do nosso programa, não sendo por isso esperada uma boa classificação neste ponto. Apesar disso, acreditamos que há sempre uma **semântica emergente** de um pedaço de texto, principalmente quando é seguida uma **estrutura gramatical correcta**. A repetição de palavras ou a utilização de palavras da mesma família poderia eventualmente também ajudar a que alguma semântica a emergisse. Sabemos ainda que existem muitas letras ou poemas em que o significado não é explícito, dando origem a várias interpretações.

O que podemos verificar dos resultados é que o mais importante parece mesmo ser a estrutura gramatical. A grande utilização da repetição feita na letra 1 não se sobrepôs de forma alguma à sua falta de uma estrutura gramatical, tendo sido esta a obter a pior classificação no que diz respeito à clareza de um sentido. Mais de metade das pessoas terão classificado este ponto como 0 (tendo em conta a média, 0.57 e o desvio padrão, 0.8). Apesar de ter presente a noção de frase (sob a forma de *templates*) a letra 2 não obteve muito melhor classificação. A inexistência de repetição e principalmente o facto de não tratar da conjugação verbal terão sido fatais. As letras 3 e 4 obtiveram classificações acima de 1 valor. Ambas seguem uma estrutura gramatical. A letra 3 obteve a melhor média das classificações (1.66), muito provavelmente devido à constante **repetição** da palavra “saudades”. Há a dizer que para a geração desta letra foi dada como entrada uma lista de palavras da qual as palavras “saudade” e “deixar” faziam parte. Palavras da família destas (“saudades” e “deixarmos”) fazem parte da letra e as palavras “saudade” e “saudades” fazem parte de 43 dos 68 títulos atribuídos a esta letra.

Apesar das baixas classificações obtidas neste ponto, a grande maioria das pessoas foi capaz de atribuir um título às várias letras, na sua maior parte com palavras da letra ou da mesma família de palavras da letra, muitas vezes relacionadas entre si. Fica mais uma vez demonstrada a emergência de uma semântica, ainda que pouco clara.

### Qualidade

Relativamente à qualidade, todas as letras apresentaram uma classificação média **negativa**, ainda que sempre a cima de 1 valor e com desvios padrão também todos acima de 1. A avaliação da qualidade de uma letra é bastante **subjectiva**, mas a opinião de 70 pessoas indica-nos que ainda temos um longo caminho a percorrer até chegar à geração de letras de elevada qualidade.

No que toca à capacidade de proporcionar entretenimento, com a ex-



cepção da letra 2, todas obtiveram uma classificação média **positiva**. Os desvios padrão deste ponto foram dos mais altos, o que também prova a sua **subjectividade**. Apesar disso, acreditamos que as nossas letras podem ser utilizadas como **objecto humorístico**.



# Capítulo 8

## Conclusões

Cada vez mais as máquinas vêm sendo aceites como artistas e existem cada vez mais trabalhos cujo objectivo é o desenvolvimento de artistas artificiais: contadores de histórias, compositores de música ou pintores são apenas alguns exemplos. A geração de letras para músicas é no entanto uma tarefa ainda pouco explorada. É uma tarefa que alia a análise da música (mais propriamente do ritmo) com a geração de linguagem natural.

Esta tese pretende ser um contributo para a resolução deste problema.

Foram dados alguns passos sólidos e algumas das contribuições foram deixadas, nomeadamente:

- Algoritmos para a **separação de sílabas e identificação da sílaba tónica** das palavras da língua portuguesa, com base somente nos caracteres que as constituem.
- Os resultados obtidos através da **extração de informação** de letras em português. Esses resultados incluem informação acerca da relação entre tempos fortes da música e sílabas tónicas da letra, das resoluções de sílabas átonas em tempos fortes e ainda situações de contracção e prolongamento de palavras da letra.
- O próprio sistema de **extração de informação** que pode ser usado para obter resultados a partir de um outro grupo de músicas, eventualmente maior ou com características diferentes.
- Uma **base de dados** que foi construída com o propósito de fornecer palavras para as letras mas que pode continuar a ser enriquecida e ter outras utilizações futuras.

A principal contribuição trata-se do letrista artificial, o **Tra-la-Lyrics**, um sistema que tem como entrada uma melodia para a qual vai procurar construir uma letra. A letra deve ser baseada no ritmo da melodia, mais isso não bastará para se obter uma letra de qualidade. Foram por isso implementadas e testadas várias estratégias responsáveis pela adição de restrições ao texto a ser gerado. As restrições combinam características como a construção de rimas, a repetição de palavras ou o seguimento de estruturas gramaticais.

O sistema está pronto a ser usado e pronto também a integrar novas estratégias para a geração. O seu planeamento e desenvolvimento deu origem a um artigo científico aceite e apresentado na *International Joint Workshop on Computational Creativity 2007* [50].

O ritmo dos resultados gerados foi validado e algumas letras foram avaliadas por voluntários através da resposta a um inquérito. As várias experiências realizadas, a validação e a avaliação revelaram que o ritmo é na maior parte dos casos respeitado, a sonoridade geral não é má e até há alguma capacidade de entretenimento nas letras geradas. O mesmo não se pode dizer relativamente ao sentido presente nas letras e à sua qualidade geral. O primeiro nunca foi um objectivo, tendo até alguns resultados ficado acima do esperado. Foi possível perceber que é mais fácil retirar sentido de texto escrito de acordo com regras gramaticais do que texto constituído por palavras aleatórias. No que diz respeito à qualidade geral das letras compreendemos que ainda há muito trabalho para se chegar perto de um letrista humano.

Numa continuação deste trabalho, e tendo em conta que o algoritmo responsável por associar as palavras ao ritmo funciona bem, as hipóteses mas fortes passar por uma melhoria e consequente evolução da estratégia 3 (gramática generativa) ou então por uma alteração profunda na forma de olhar para o problema e seguir uma abordagem evolucionária. De forma a melhorar a estratégia 3 seria essencial melhorar a gramática, refinando as suas regras e produções, tendo em conta algumas subcategorias gramaticais e situações mais específicas. A forma de associar o fim de frases gramaticais ao fim de frases musicais deverá também ser melhorada. Há também a hipótese de utilizar um realizador superficial com máscaras de frases onde é preciso apenas preencher alguns espaços. Se a existência de uma semântica se vier a tornar um objectivo, é sempre possível a criação de uma nova estratégia, com um módulo semântico que poderia ter acesso a uma ou mais ontologias e seria responsável por adicionar restrições semânticas às palavras.

Dentro do trabalho futuro poderiam também explorar-se mais as situações de contracção e prolongamentos de palavras e dar mais atenção às resoluções.

Muito interessante seria a utilização de *software* para a síntese de voz cantada para interpretar as nossas letras. Aparentemente não se trata de uma tarefa difícil de fazer recorrendo ao *Singing Computer* [51]. Este programa livre representa música e letra na notação *Lilypond* para a qual é possível converter a notação que o nosso sistema usa (através do *abc2ly*).

A parte final do trabalho dará ainda origem a mais um artigo científico.

A título pessoal foi com uma grande satisfação que abracei este trabalho. Contribuiu para que eu compreendesse melhor as relações entre música e letra ajudando de certa forma a minha maneira de escrever. Foi responsável pela minha vontade de querer sempre fazer mais e obter resultados melhores, mais surpreendentes ou simplesmente mais engraçados e introduziu-me um mundo com o qual eu era pouco familiar: a criatividade computacional.



# Bibliografía

- [1] Marvin Minsky. Steps toward artificial intelligence. *Computers & thought*, pages 406–450, 1995.
- [2] Kim Binsted. *Machine humour: An implemented model of puns*. PhD thesis, University of Edinburgh, Scotland, 1996.
- [3] David Cope. An expert system for computer-assisted music composition. *Computer Music Journal* 11,4 (Winter), 1987.
- [4] Peter M. Todd and Gregory M. Werner. Frankensteinian methods for evolutionary music composition. *Musical networks*, MIT Press, pages 313–339, 1999.
- [5] P. Machado and A. Cardoso. Nevar - the assessment of an evolutionary art tool. In *Wiggins, G. (Ed.). Proceedings of the AISB00 Symposium on Creative & Cultural Aspects and Applications of AI & Cognitive Science, Birmingham, UK*, 2000.
- [6] Hisar Manurung. *An evolutionary algorithm approach to poetry generation*. PhD thesis, University of Edinburgh, 2004.
- [7] Belén Díaz-Agudo, Pablo Gervás, and Pedro A. González-Calero. Poetry generation in colibri. In *ECCBR '02: Proceedings of the 6th European Conference on Advances in Case-Based Reasoning*, pages 73–102, London, UK, 2002. Springer-Verlag.
- [8] Pablo Gervás. Wasp: Evaluation of different strategies for the automatic generation of spanish verse. In *Wiggins, G. (Ed.). Proceedings of the AISB00 Symposium on Creative & Cultural Aspects and Applications of AI & Cognitive Science, Birmingham, UK*, 2000.
- [9] Pablo Gervás. An expert system for the composition of formal spanish poetry. *Journal of Knowledge-Based Systems*, 14:181–188, 2001.

- [10] Selmer Bringsjord and David A. Ferrucci. *Artificial Intelligence and Literary Creativity: Inside the Mind of BRUTUS, a Storytelling Machine*. Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, NJ., 1999.
- [11] Pablo Gervás, Birte Lönneker-Rodman, Jan Christoph Meister, and Federico Peinado. Narrative models: Narratology meets artificial intelligence. In *Basili, Roberto and Lenci, Alessandro (Ed.). International Conference on Language Resources and Evaluation. Satellite Workshop: Toward Computational Models of Literary Analysis, Genova, Italy, 2006*.
- [12] Samer Hassan, Carlos Léon, Pablo Gervás, and Raquel Hervás. A computer model that generates biography-like narratives. In *Cardoso, A. & Wiggins, G. (Ed.). Proceedings of the 4th. International Joint Workshop on Computational Creativity, London, UK, 2007*.
- [13] Graeme Ritchie, Ruli Manurung, Helen Pain, Annalu Waller, Rolf Black, and Dave O'Mara. A practical application of computational humour. In *Cardoso, A. & Wiggins, G. (Ed.). Proceedings of the 4th. International Joint Workshop on Computational Creativity, London, UK, 2007*.
- [14] H. Manurung, G. Ritchie, and H. Thompson. Towards a computational model of poetry generation. In *AISB00 Symposium on Creative & Cultural Aspects and Applications of AI & Cognitive Science, 17th-18th April 2000, U. of Birmingham, England., 2000*.
- [15] H. Manurung, G. Ritchie, and H. Thompson. A flexible integrated architecture for generating poetic texts. In *Informatics Research Report, EDI-INF-RR-0016, Division of Informatics, U. of Edinburgh, 2000*.
- [16] P. Sansom. *Writing Poems*. Bloodaxe Books, 1994.
- [17] Jeff Lewis and Erik Sincoff. Poetry creator 2, 2006. <http://www-cs-students.stanford.edu/~sincoff/poetry/jpoetry.html>, (consultada em Abril 2007).
- [18] Pablo Gervás. Modeling literary style for semi-automatic generation of poetry. In *User Modeling*, pages 231–233, 2001.
- [19] David Mullen. Essay generator, 2006. <http://radioworldwide.gospelcom.net/essaygenerator/>.
- [20] SCiGen. Scigen - an automatic cs paper generator, 2005. <http://pdos.csail.mit.edu/scigen/>.



- [21] A. C. Bulhak. On the simulation of postmodernism and mental debility using recursive transition networks. Technical Report 96/264, Dept. Computer Science, Monash University, Melbourne, Australia, 1996.
- [22] Josh Larios. Communications from elsewhere, 2000. <http://www.elsewhere.org/pomo>.
- [23] Roseville Big Band. Lyric-o-matic, 2006. <http://www.rosevillebigband.org/cgi-bin/lyric-o-matic/song-her.pl>.
- [24] Country Western Song Generator. Country western song generator, 1998. <http://www.outofservice.com/country/>.
- [25] Poesybeat Arts Initiative. poesybeat, 2005. <http://poesybeat.org/>, (consultada em Janeiro 2007).
- [26] Doug Beeferman. The rhythm of lexical stress in prose. In *Proceedings of the 34th annual meeting on Association for Computational Linguistics*, pages 302–309, Morristown, NJ, USA, 1996. Association for Computational Linguistics.
- [27] Sílabas. A sílaba, 2006. <http://www.geocities.com/shiurtalmid/catan/portuguese/v6.html> consultada em Setembro 2006.
- [28] Bruce Hayes and Abigail Kaun. The role of phonological phrasing in sung and chanted verse. *The Linguistic Review*, 1996.
- [29] Fred Lerdhal and Ray Jackendoff. *A Generative Theory of Tonal Music*. The Massachusetts Institute of Technology, 2nd edition - 1996 edition, 1983.
- [30] Tércio Simon. Critérios para relacionar letra e música, 2006. [http://www.musicaeadoracao.com.br/tecnicos/musicalizacao/letra\\_musica.htm](http://www.musicaeadoracao.com.br/tecnicos/musicalizacao/letra_musica.htm), consultada em Setembro 2006.
- [31] Jose P. G. Mahedero, Álvaro Martínez, Pedro Cano, Markus Koppenberger, and Fabien Gouyon. Natural language processing of lyrics. In *MULTIMEDIA '05: Proceedings of the 13th annual ACM international conference on Multimedia*, pages 475–478, New York, NY, USA, 2005. ACM Press.
- [32] Ye Wang, Min-Yen Kan, Tin L. Nwe, Arun Shenoy, and Jun Yin. Lyrically: automatic synchronization of acoustic musical signals and textual

- lyrics. In *MULTIMEDIA '04: Proceedings of the 12th annual ACM international conference on Multimedia*, pages 212–219, New York, NY, USA, 2004. ACM Press.
- [33] Denny Iskandar, Ye Wang, Min-Yen Kan, and Haizhou Li. Syllabic level automatic synchronization of music signals and text lyrics. In *MULTIMEDIA '06: Proceedings of the 14th annual ACM international conference on Multimedia*, pages 659–662, New York, NY, USA, 2006. ACM Press.
- [34] Guido Gonzato. The abc plus project, 2003. <http://abcplus.sourceforge.net>.
- [35] Lionel Guegantou. abc4j, 2005. <http://guegantou.chez-alice.fr/abc>.
- [36] David Meredith. Musical metre, 2003. <http://www.titanmusic.com/teaching/2003-02-28-metre.pdf>.
- [37] André Tomás Velloso. Separando sílabas com c#, 2006. <http://www.microsoft.com/brasil/msdn/Tecnologias/visualc/SeparandoSilabas.aspx?mfr=true>, consultada em Setembro 2006.
- [38] Celso Cunha and Lindley Cintra. *Nova Gramática do Português Contemporâneo*. Edições João Sá Couto, 3 edition, 1986.
- [39] F. Xavier Roberto and Luís de Sousa. *Prontuário da Língua Portuguesa*. Editorial o Século, 1974.
- [40] Público. Livro de estilo, acentuação., 2006. [http://www.publico.clix.pt/nos/livro\\_estilo/17-acentuacao.html](http://www.publico.clix.pt/nos/livro_estilo/17-acentuacao.html), consultada em Setembro 2006.
- [41] Linguateca. Linguateca, 2000. <http://www.linguateca.pt>.
- [42] Linguateca. Pólo de braga da linguateca, 2006. <http://linguateca.di.uminho.pt>.
- [43] Jspell. Jspell, 1995. <http://natura.di.uminho.pt/natura/natura?topic=jspell>.
- [44] José João Dias de Almeida and Ulisses Pinto. Jspell - um módulo para a análise léxica genérica de linguagem natural. In *Actas do X Encontro da Associação Portuguesa de Linguística*, 1995. <http://natura.di.uminho.pt/jj/pln/jspell.ps.gz>.

- [45] Demeter. How to write lyrics, 2001.  
<http://everything2.com/index.pl?node=How%20to%20write%20lyrics>,  
consultada em Junho 2007.
- [46] Carlos Fernando Almeida Grilo. *Aplicação de Algoritmos Evolucionários á Extração de Padrões Musicais*. PhD thesis, University of Coimbra, 2002.
- [47] Mark-Jan Nederhof. Efficient generation of random sentences. *Nat. Lang. Eng.*, 2(1):1–13, 1996.
- [48] Federico Peinado and Pablo Gervás. Evaluation of automatic generation of basic stories. *New Generation Computing, Computational Paradigms and Computational Intelligence. Special issue: Computational Creativity*, 24(3):289–302, 2006.
- [49] Bento Murteira, Carlos Silva Ribeiro, João Andrade e Silva, and Carlos Pimenta. *Introdução à Estatística*. McGraw Hill, 1992.
- [50] Hugo R. Gonçalo Oliveira, F. Amílcar Cardoso, and Francisco C. Pereira. Tra-la-lyrics: an approach to generate text based on rhythm. In *Cardoso, A. & Wiggins, G. (Ed.). Proceedings of the 4th. International Joint Workshop on Computational Creativity, London, UK*, 2007.
- [51] Milan Zamazal. Singing computer, 2001.  
<http://freebsoft.org/singing-computer>.
- [52] Henrik Norbeck. Abc notation 2.0 - bnf specification, 2006.  
<http://www.norbeck.nu/abc/bnf/abc20bnf.htm>.
- [53] Antónia Castro and Isabel Figueiredo. *Companhia dos Sons 5 - Educação musical*. Areal Editores, 1994.
- [54] Antónia Castro and Isabel Figueiredo. *Companhia dos Sons 6 - Educação Musical*. Areal Editores, 1995.
- [55] Eurico A. Cebolo. *Flauta Mágica*. Eurico A. Cebolo, 1986.
- [56] Michel Giacometti and Fernando Lopes Graça. *Cancioneiro Popular Português*. Círculo de Leitores, Lisboa, 1981.



# Apêndice A

## Notação ABC

A notação ABC foi originalmente desenvolvida por Chris Walshaw em 1991 e trata-se de uma linguagem de notação musical através de caracteres ASCII. Foi inicialmente projectada para escrever melodias tradicionais e folclóricas da Europa ocidental, mas já foi entretanto expandida para suportar uma notação completa de música clássica.

A versão suportada pelo API que utilizamos é a versão 1.6, apesar de já existir uma versão 2.0, cuja especificação da gramática em BNF pode ser encontrada em [52].

Um ficheiro ABC pode ter mais que uma música, e cada música é constituída por um cabeçalho e pela pauta propriamente dita. Os campos que fazem parte do cabeçalho e que foram utilizados por nós são:

- **X**: índice da música, utilizado para marcar o início da música e a identificar dentro do ficheiro,
- **T**: título da música,
- **O**: origem,
- **N**: notas (que utilizamos para marcar a divisão entre as partes da música).

Na pauta existem também alguns campos como:

- **M**: métrica (preenchida com uma fracção identificadora do tipo de compasso),
- **L**: duração da nota base ( $1/4$  representa um semínia - *quarter* e  $1/8$  uma colcheia - *eighth*),

- **K**: tonalidade (preenchido com a nota que representa a tonalidade da música).
- **W**: palavras (utilizado quando se pretende colocar a letra depois da pauta),
- **w**: palavras (preenchido com as palavras separadas por sílabas e utilizado quando se pretende que as sílabas sejam associadas às notas correspondentes, como na Figura A.2) - só suportado pela versão 2.0.

As barras de compasso são representadas com o caracter '|'. As notas são colocadas pela ordem que aparecem na pauta os compassos separados com as barras. Para representar as notas são utilizadas as letras que normalmente as identificam:

- **A** para Lá,
- **B** para Si,
- **C** para Dó,
- **D** para Ré,
- **E** para Mi,
- **F** para Fá,
- **G** para Sol.

Uma nota que apareça sozinha e maiúscula é encontra-se na oitava base e tem a duração no campo **L**:. Letras minúsculas significam notas uma oitava a cima da oitava base. Para se subir mais oitavas é necessário acrescentar caracteres ''' (*pelica*) à nota (c') e para se descer utiliza-se o caracter ',,' (C,). Para se obter notas com durações diferentes é necessário utilizar o caracter '/' para dividir a duração (cada um divide a duração por 2) e pode utilizar-se um dígito em frente à nota com qual a duração vai ser multiplicada . Os pontos representam-se através do caracter '>'.  
>

Na Figura A.1 podemos observar a música popular “Malhão” escrita na notação ABC e na Figura A.2 podemos ver a partitura da música, depois de converter o ficheiro ABC para PDF.

```

X:1
T:Malhão
N:6;7;16
M:2/4
L:1/8
K:C
z c/c/ cB | G4 | z B/B/ BG | c2 c2 :|
w:Ó ma-lhão ma-lhão Que vi-da é tu-a
z E/F/ GA | GB/B/ BA | GG/F/ ED | C2 C2 :|
w:Co-mer e be-ber ó ti-rim-tim-tim pas-se-ar na ru-a

```

Figura A.1: A música “Malhão” na notação ABC

### Malhão

Ó ma-lhão ma-lhão Que vi-da é tu-a

Co-mer e be-ber ó ti-rim-tim-tim pas-se-ar na ru-a

Figura A.2: A partitura da música “Malhão”





## Apêndice B

### Músicas analisadas para a extracção de informação

- **Companhia dos Sons [53, 54]**

- *O Barquinho* (3/4)
- *O Comboio* (4/4)
- *A Horta* (2/4)
- *Ribeira vai cheia* (4/4)
- *Zeca* (4/4)

- **Flauta Mágica[55]**

- *Alecrim* (4/4)
- *As ceifeiras* (3/4)
- *Machadinha* (4/4)
- *Malhão* (2/4)
- *Papagaio louro* (2/4)
- *Não digas à minha mãe* (2/4)
- *Pastores da Serra* (4/4)
- *Rosa Mimososa* (3/4)
- *Moças da Minha Terra* (2/4)
- *O meu amor* (2/4)
- *Conceição* (2/4)
- *Vira-te p'ra cá* (3/4)

- *Triste Viuvinha* (3/4)
- *Zumba no Caneco* (2/4)
- *Bailinho da Camacha* (2/4)
- *Três Pombinhas* (2/4)
- *Ó Rosa arredonda a saia* (2/4)
- *Manuel Cuco* (3/4)
- *Manjerico* (3/4)
- *Regadinho* (6/8)
- *No meio do Mira* (4/4)
- *Ó Ciranda* (2/4)
- *Os olhos da Marianita* (2/4)

• **Cancioneiro Popular Português[56]**

- *Rapazes Meninos* (3/8)
- *Ora venha vinho para os nossos copos* (6/8)
- *Lá na cidade de Roma* (6/8)
- *Sant' António se levantou* (3/8)
- *San Gonçalo D'Amarante* (3/8 e 6/8)
- *E ó pião* (4/4 e 2/4)
- *O Verde-Gaio é maroto* (4/4)
- *Ai, festas de Campo Maior* (3/8)
- *Vai-te ralando minha carcundinha* (6/8)
- *Eia Avante Portugueses (Hino da Maria da Fonte)* (4/4)
- *Bum, Bum, Bum lá vem o Zabumba* (6/8)
- *A Quinta do Ramalhão* (6/8)
- *Tristes novas me vieram* (4/4 e 3/4)
- *Lá vem a Nau Catrineta* (4/4)

## Apêndice C

# Resultados obtidos através da extracção de informação

Neste Apêndice é possível observar sob a forma de gráficos e tabelas alguns dos resultados obtidos com as estatísticas. Nas Figuras C.1, C.2, C.3, C.4 e C.5 encontram-se os resultados relativos à distribuição das sílabas por tipo de compasso. Nas Figuras C.6 e C.7 encontram-se os resultados respeitantes à distribuição de tipo de sílabas pelos níveis de força dos tempo (recorda-se que o 0 é o mais forte). A Figura C.8 mostra os resultados obtidos para as resoluções, mais propriamente a distância para a tónica seguinte, ao ocorrer uma sílaba átona num tempo forte.

Para representar o tempo utilizou-se uma notação onde a unidade diz respeito à duração de uma semínima, 0.5 à duração de uma colcheia e 0.25 à duração de uma semicolcheias. Por exemplo, quando tempo = 1, pretende-se referir a nota que se encontra à distância temporal do início do compasso de uma semínima, ou quando tempo = 1.75, pretende-se referir a nota que se encontra a uma distância temporal do início do compasso de uma semínima e três semi-colcheias (colcheia + semi-colcheia).

Chamamos “ligadas” às sílabas que se encontram em notas ligadas à no anterior, independentemente da sua força.

| Tempo | Tonicas | Atonas | Ligadas |
|-------|---------|--------|---------|
| 0.0   | 306     | 49     | 5       |
| 0.25  | 0       | 1      | 0       |
| 0.5   | 69      | 181    | 10      |
| 0.75  | 14      | 27     | 0       |
| 1.0   | 154     | 129    | 0       |
| 1.25  | 1       | 5      | 0       |
| 1.5   | 93      | 184    | 0       |
| 1.75  | 8       | 19     | 0       |

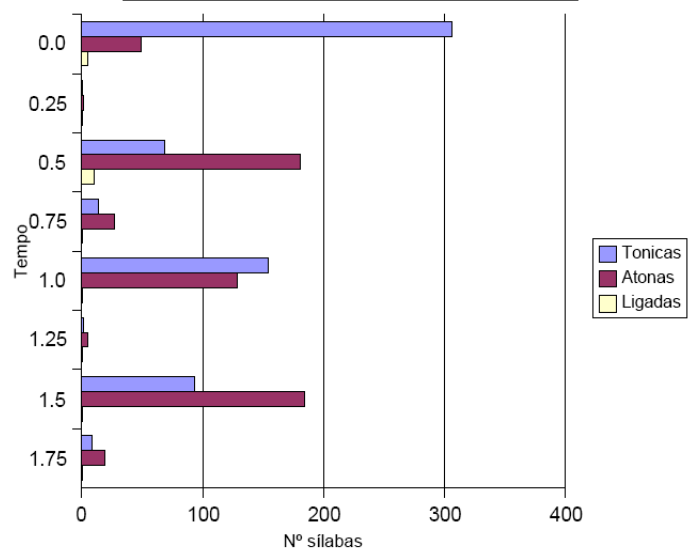


Figura C.1: Distribuição de sílabas por tempos em compassos 2/4

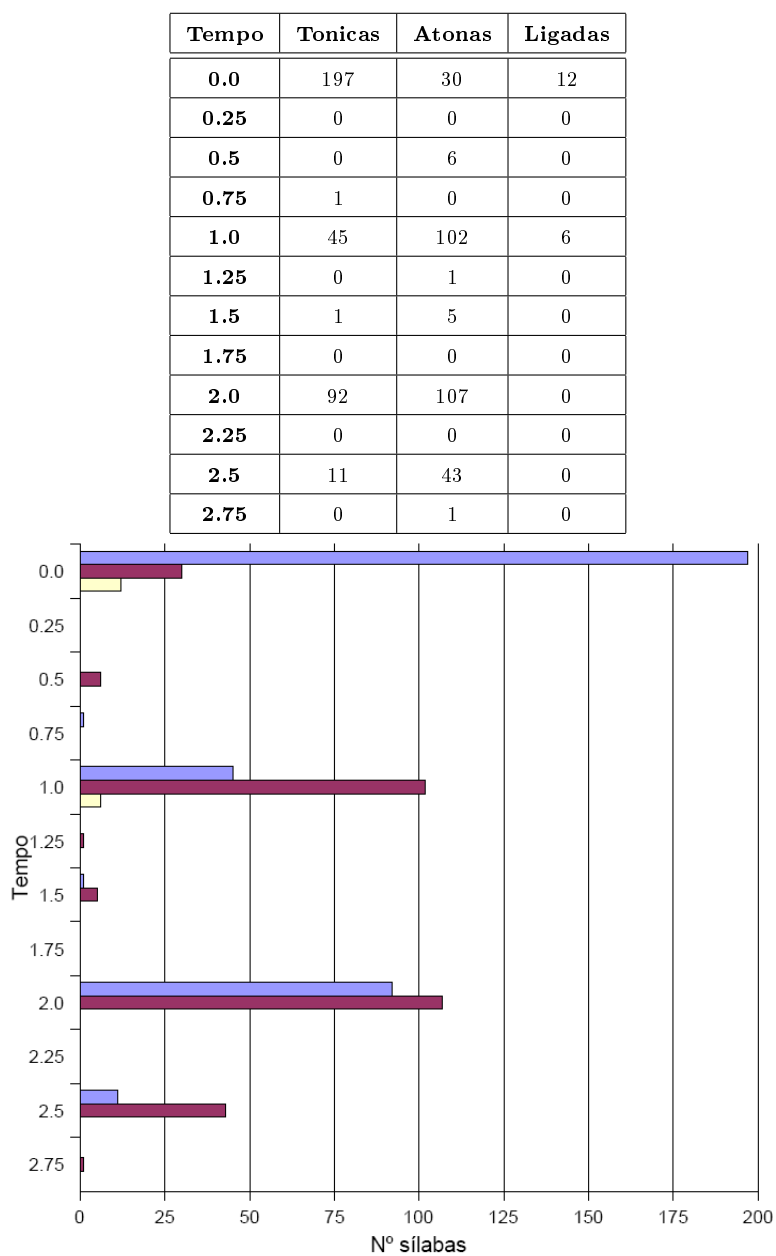


Figura C.2: Distribuição de sílabas por tempos em compassos 3/4

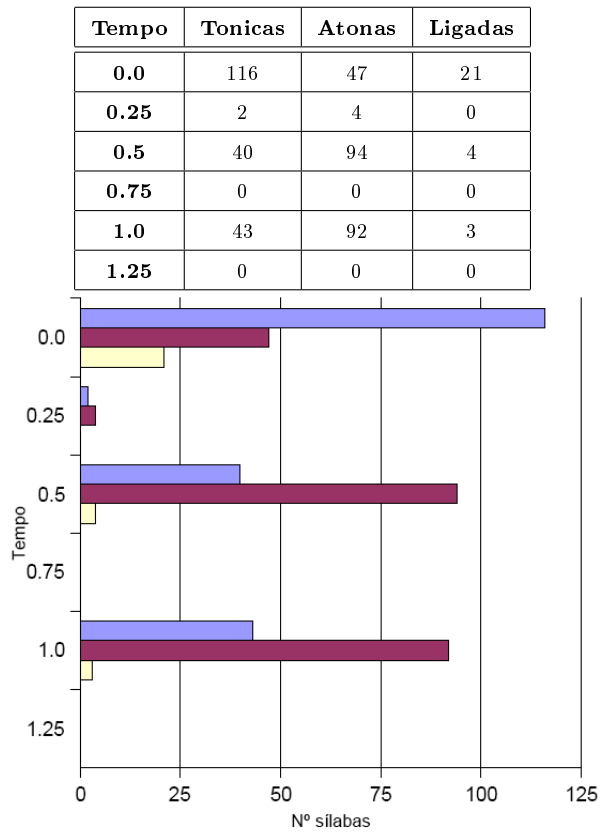


Figura C.3: Distribuição de sílabas por tempos em compassos 3/8

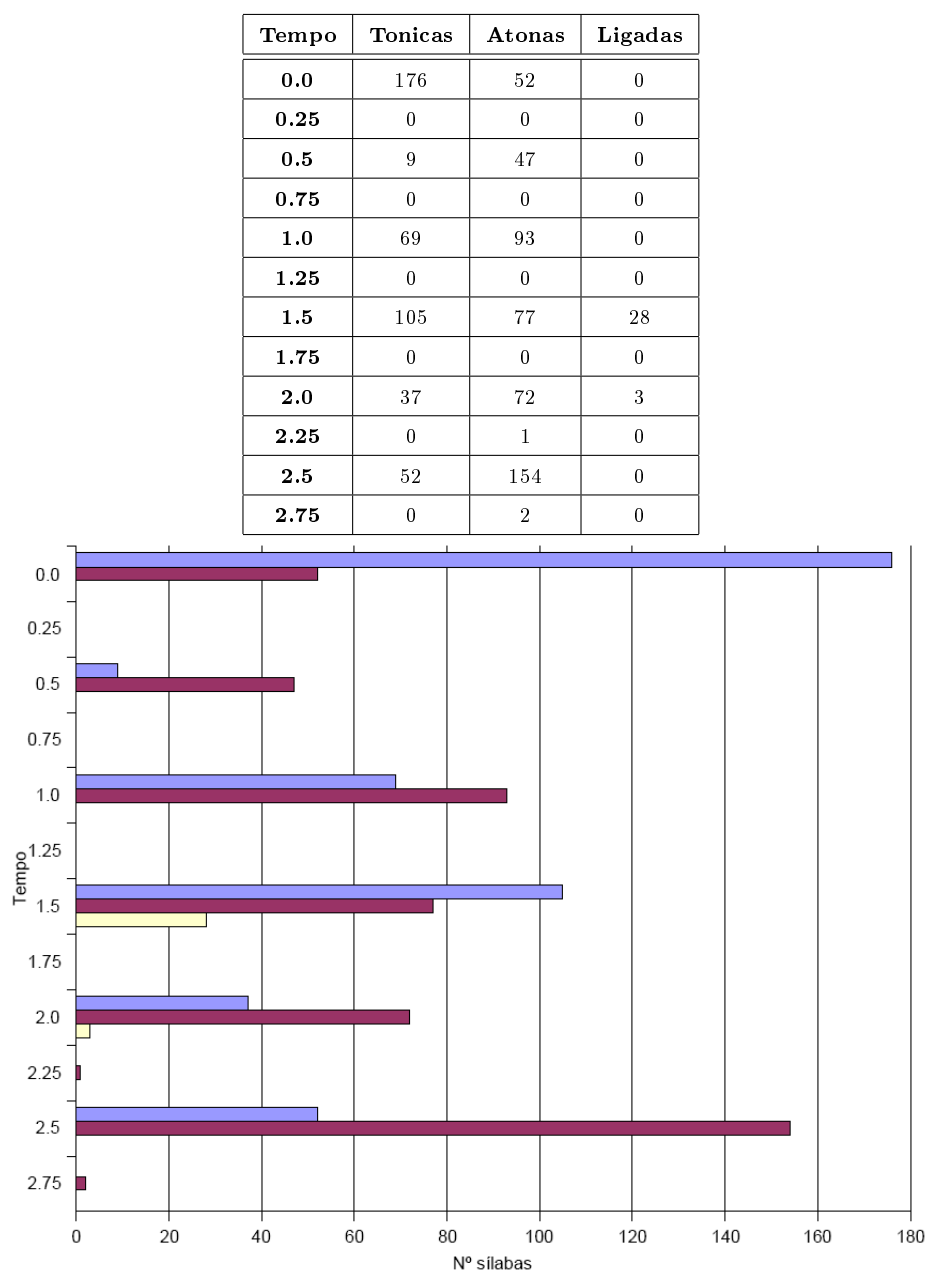


Figura C.4: Distribuição de sílabas por tempos em compassos 6/8

128 APÊNDICE C. RESULTADOS OBTIDOS ATRAVÉS DA EXTRACÇÃO DE INFORMA

| Tempo | Tonicas | Atonas | Ligadas |
|-------|---------|--------|---------|
| 0.0   | 233     | 58     | 0       |
| 0.25  | 0       | 0      | 0       |
| 0.5   | 50      | 51     | 0       |
| 0.75  | 6       | 3      | 0       |
| 1.0   | 41      | 54     | 1       |
| 1.25  | 1       | 0      | 0       |
| 1.5   | 52      | 84     | 20      |
| 1.75  | 3       | 5      | 0       |
| 2.0   | 99      | 124    | 43      |
| 2.25  | 0       | 2      | 0       |
| 2.5   | 9       | 9      | 37      |
| 2.75  | 1       | 4      | 0       |
| 3.0   | 60      | 120    | 0       |
| 3.25  | 0       | 2      | 0       |
| 3.5   | 15      | 85     | 0       |
| 3.75  | 4       | 11     | 0       |

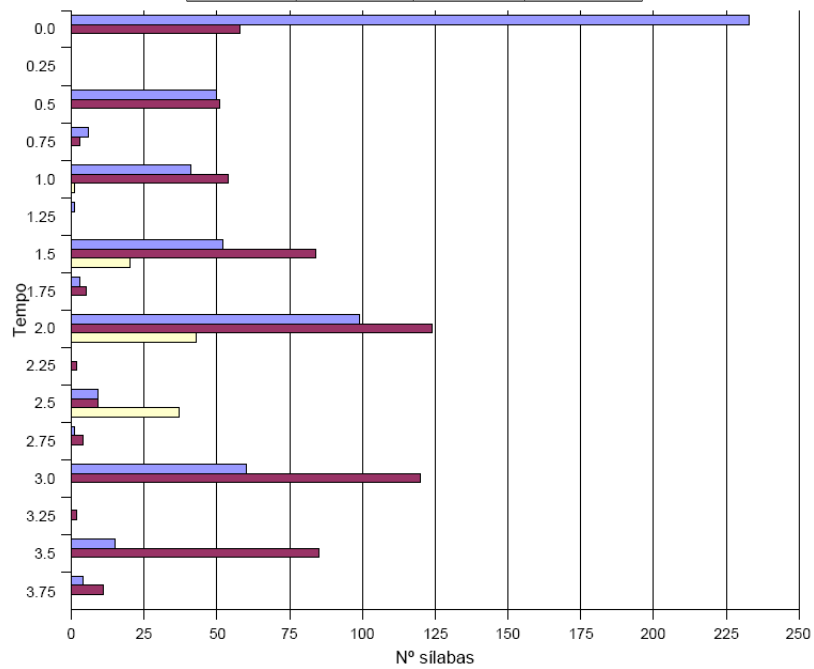
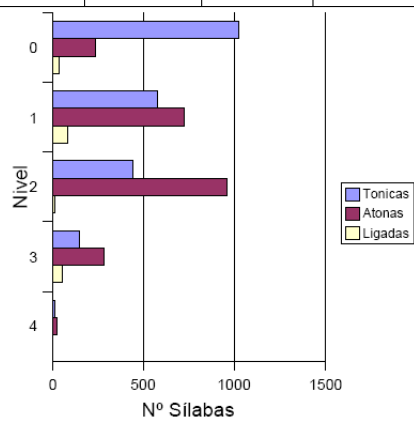


Figura C.5: Distribuição de sílabas por tempos em compassos 4/4



| Nível     | Tonicas | Atonas | Ligadas |
|-----------|---------|--------|---------|
| <b>0</b>  | 1028    | 236    | 38      |
| <b>1</b>  | 578     | 725    | 84      |
| <b>2</b>  | 444     | 963    | 14      |
| <b>3</b>  | 150     | 285    | 57      |
| <b>4+</b> | 15      | 28     | 0       |

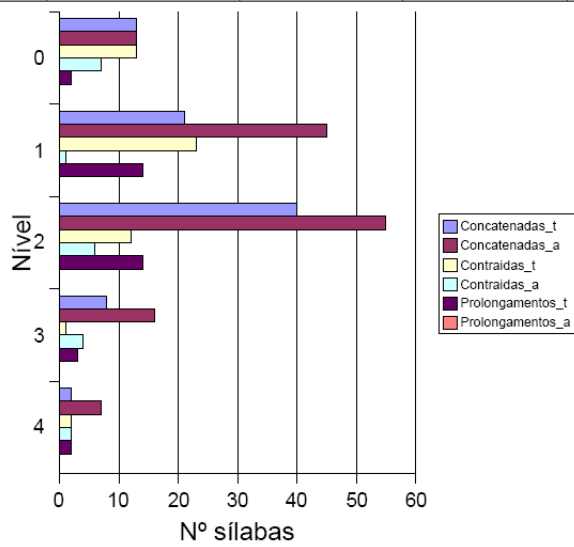


Em percentagem:

| Nível    | Tonicas (%) | Atonas (%) | Ligadas (%) |
|----------|-------------|------------|-------------|
| <b>0</b> | 78,96       | 18,13      | 2,92        |
| <b>1</b> | 41,67       | 52,27      | 6,06        |
| <b>2</b> | 31,25       | 67,77      | 0,99        |
| <b>3</b> | 30,49       | 57,93      | 11,59       |
| <b>4</b> | 34,88       | 65,12      | 0           |

Figura C.6: Distribuição de sílabas por níveis de força

| Nível | Concatenadas_t | Concatenadas_a | Contraídas_t | Contraídas_a | Prolongamentos_t | Prolongamentos_a |
|-------|----------------|----------------|--------------|--------------|------------------|------------------|
| 0     | 13             | 13             | 13           | 7            | 2                | 0                |
| 1     | 21             | 45             | 23           | 1            | 14               | 0                |
| 2     | 40             | 55             | 12           | 6            | 14               | 0                |
| 3     | 8              | 16             | 1            | 4            | 3                | 0                |
| 4+    | 2              | 7              | 2            | 2            | 2                | 0                |



Legenda: \*\_t - tónicas; \*\_a - átonas

Figura C.7: Eventos por nível de força

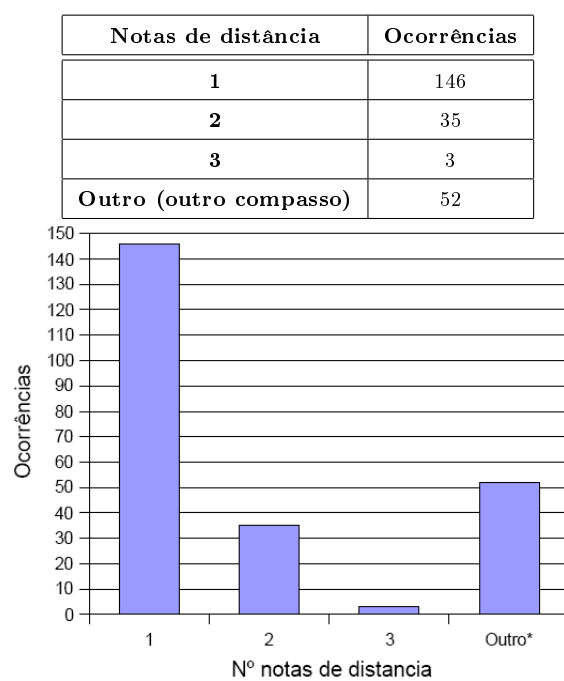


Figura C.8: Distância à tônica seguinte (resoluções)



# Apêndice D

## Poesia utilizada para complementar a base de dados

- **Bocage:**

- *Preâmbulo*
- *Proposição das rimas do poeta*
- *O autor aos seus versos*
- *O poeta asseado por amor*
- *A Camões, comparando com os dele os seus próprios infortúnios*
- *Retrato próprio*

- **Alberto Caeiro:**

- *É talvez o último dia...*
- *Hoje de manhã saí muito cedo*
- *O amor é uma companhia*
- *Passei toda a noite, sem dormir...*
- *Se, depois de eu morrer...*
- *Falas de civilização... (26/6/95)*
- *Sou um guardador de rebanhos (24/7/95)*
- *Não me importo com as rimas (13/5/96)*
- *Poema do Menino Jesus (2/2/98)*
- *Quem me dera que eu fosse o pó da estrada (21/12/98)*
- *Um renque de árvores lá longe... (12/7/99)*

– *Às vezes, em dias de luz perfeita e exacta (19/7/99)*

• **Álvaro de Campos:**

- *Lisbon revisited (1926)*
- *Poema em linha recta (22/5/95)*
- *Não, não é cansaço... (20/7/95)*
- *Poema (1/4/96)*
- *Tabacaria (4/9/00)*
- *O que há em mim é sobretudo cansaço (15/01/01)*

• **Fernando Pessoa:**

- *Mar Português*
- *D. Sebastião, Rei de Portugal*
- *O Infante*
- *Os Colombos*
- *O Quinto Império*
- *Autopsicografia (19/2/95)*
- *Liberdade (27/11/95)*
- *Isto (11/3/96)*
- *Todas as cousas que há neste mundo (3/6/96)*
- *Quando é que o cativoiro (15/7/96)*
- *Sem remédio (5/8/96)*
- *Não sei o quê desgosta (12/8/96)*
- *Bóiam farrapos de sombra (9/9/96)*
- *Não sei quantas almas tenho (23/9/96)*
- *A miséria do meu ser (7/4/97)*
- *Já não me importo (3/11/97)*
- *Meu coração tardou (4/5/98)*
- *Tenho pena e não respondo (1/6/98)*
- *Quando estou só reconheço (20/7/98)*
- *Sou o fantasma de um rei (9/11/98)*
- *Se penso mais que um momento (16/11/98)*

- *Nas grandes horas em que a insónia avulta* (11/1/99)
- *Horizonte* (15/11/99)
- *Deus* (26/6/00)
- *Durmo ou não? Passam juntas em minha alma* 3/7/00)
- *Olhando o mar, sonho sem ter de quê* (17/7/00)
- *(dream)* (11/9/00)

• **Mário Cesariny:**

- *O Raul Leal era* (31/1/95)
- *Quando em boa estação* (31/1/95)
- *Eu, Sempre...* (31/1/95)
- *Faz-me o favor...* (31/1/95)
- *Onan dos outros!...* (31/1/95)
- *Os sebastiacas trombos não deixaram partir* (31/1/95)
- *Em todas as ruas te encontro* (9/10/00)
- *lembra-te* (25/12/00)
- *poema* (08/01/01)
- *you are welcome to elsinore* (26/03/01)
- *poema* (02/04/01)
- *estação* (30/07/01)
- *de profundis amamus* (10/09/01)
- *radiograma* (12/11/01)
- *visto a esta luz* (26/11/01)
- *ESTADO SEGUNDO, XX* (14/01/02)
- *uma certa quantidade* (11/03/02)
- *homenagem a cesário verde* (18/03/02)
- *passagem dos elefantes* (06/05/02)
- *voz numa pedra* (03/06/02)

• **Cesário Verde:**

- *Eu e ela* (13/2/95)
- *Arrojos* (15/5/95)

- *O Sentimento dum Ocidental* (28/8/95, 5,11,18/9/95)
- *Manias!* (7/10/96)
- *Lúbrica* (4/1/99)
- *Contrariedades* (25/1/99)
- *Eu, que sou feio...* (07/10/02)

• **Florbela Espanca:**

- *Canção grata*
- *Ser Poeta*
- *Os versos que te fiz* (13/2/95)
- *Charneca em flor* (13/2/95)
- *Se tu viesses ver-me...* (27/2/95)
- *Amor que morre* (13/3/95)
- *Mais Alto* (1/5/95)
- *Tortura* (4/5/95)
- *Nostalgia*(29/5/95)
- *Inconstância* (7/8/95)
- *Tarde no mar* (15/8/95)
- *Princesa Desalento* (19/2/96)
- *Vaidade* (25/3/96)
- *Tarde de mais...* (6/5/96)
- *Teus olhos* (8/7/96)
- *Sem remédio* (29/7/96)
- *Lágrimas ocultas* (26/8/96)
- *Tarde de mais...* (2/9/96)
- *Minha culpa* (16/9/96)
- *Saudades* (10/11/97)
- *Árvores do Alentejo* (16/3/98)
- *Exaltação* (27/4/98)
- *Fumo* (26/10/98)
- *Volúpia* (8/3/99)



- *A vida* (27/3/00)
- *A nossa casa* (12/6/00)

- **Antônio Gedeão:**

- *Poema do homem-rã*
- *Lágrima de preta*
- *Esta é a Cidade*
- *Pedra filosofal* (re-edição)

- **Antero de Quental:**

- *O Palácio da Ventura*
- *No Turbilhão* (31/3/95)
- *Aspiração* (10/5/95)
- *Mors-Amor* (13/6/95)
- *A um poeta* (23/10/95)



# Apêndice E

## Resultados da validação

Aqui encontram-se os resultados da validação do sistema. Recordamos que a validação foi feita recorrendo ao sistema de extracção de informação. Foram escolhidas três músicas das analisadas na fase inicial do trabalho, tendo havido o cuidado de escolher uma para cada um dos três tipos principais de compassos: divisão binária (a escolha recaiu sobre um 4/4), divisão ternária (3/4) e divisão composta (a escolha recaiu sobre um 6/8). As respectivas músicas escolhidas foram o *Alecrim* (Figura E.1), o *Vira-te pr'a cá* (Figura E.2) e o *Regadinho* (Figura E.3). Para cada uma das músicas foram geradas trinta letras por estratégia, tendo no total sido analisados 600 compassos 4/4, 1410 compassos 3/4 e 480 compassos 6/8 por estratégia.

### E.1 Parâmetros utilizados na geração das letras

Os parâmetros utilizados na geração através de cada estratégia encontram-se descritos de seguida:

- Parâmetros comuns às letras geradas com as quatro estratégias:
  - **Melodia:** *Alecrim* (Figura E.1), *Vira-te pr'a cá* (Figura E.2) e *Regadinho* (Figura E.3).
  - **Fronteira forte/fraco:** Todos os tempos cuja força é menos de metade da força mínima considerada. Nos compassos 3/4 e 6/8 só o nível 0 é considerado forte. Nos compassos 4/4 tanto o nível 0 como o 1 são considerados fortes.
  - **Tipo da base de dados:** A nossa base de dados (ver na Secção 3.7.2).

**Alecrim**

The musical score for 'Alecrim' is written in 4/4 time with a key signature of one flat (B-flat). It consists of four staves. The first staff is the melody, starting with a whole rest followed by a series of eighth and quarter notes. The second and fourth staves are bass lines, both starting with a whole rest followed by eighth notes. The third staff is a tenor line, starting with a whole rest followed by eighth notes. The piece concludes with a double bar line and repeat dots.

Figura E.1: Partitura da música Alecrim (4/4)

**Vira-te p'ra cá**

The musical score for 'Vira-te p'ra cá' is written in 3/4 time. It consists of six staves. The first staff is the melody, starting with a half note followed by quarter notes. The second and fourth staves are bass lines, both starting with a half note followed by quarter notes. The third and fifth staves are tenor lines, both starting with a half note followed by quarter notes. The piece concludes with a double bar line and repeat dots.

Figura E.2: Partitura da música Vira-te p'ra cá (3/4)

**Regadinho**

Figura E.3: Partitura da música Regadinho (6/8)

- Parâmetros comuns às letras geradas com as estratégias 1 (Figura F.2), 2 (Figura F.3) e 3 (Figura F.4):
  - **Probabilidade de rima:** 100%.
  - **Probabilidade de reutilização de palavras:** 50%.
  - **Divisão da música em partes:** Só dada para a melodia *Alecrim*, no entanto é praticamente irrelevante para a métrica.
- Parâmetros específicos da letra gerada com a estratégia 2:
  - **Probabilidade de seleccionar uma conjunção:** 80%.
- Parâmetros específicos da letra gerada com a estratégia 3:
  - **Partes musicas por frase:** 2.
  - **Temas:** Não foram dados temas.
  - **Melhores coeficientes de rima:** 3.
  - **Máximo de passagens:** 1.
- Parâmetros específicos da letra gerada com a estratégia 4 (Figura F.5):
  - **Pontuação aceitável:** 5.
  - **Número de gerações para cada frase:** 200.
  - **Penalizações:** tamanho a mais = 5; tamanho a menos = 3; átona em tempo forte = 5; tónica em tempo fraco = 0; falta de rima = 3; corte por pausa = 4;

## E.2 Resultados

Nesta secção apresentam-se os resultados da validação das várias estratégias:

- Estratégia 1: Figuras E.4, E.5, E.6 e E.7.
- Estratégia 2: Figuras E.9, E.11, E.10 e E.7.
- Estratégia 3: Figuras E.14, E.16, E.15 e E.7.
- Estratégia 4: Figuras E.19, E.21, E.20 e E.7.

| Tempo | Tônicas | Átonas |
|-------|---------|--------|
| 0.0   | 345     | 135    |
| 0.25  | 0       | 0      |
| 0.5   | 28      | 152    |
| 0.75  | 0       | 0      |
| 1.0   | 18      | 402    |
| 1.25  | 0       | 0      |
| 1.5   | 0       | 360    |
| 1.75  | 0       | 0      |
| 2.0   | 357     | 63     |
| 2.25  | 0       | 0      |
| 2.5   | 0       | 60     |
| 2.75  | 0       | 0      |
| 3.0   | 63      | 417    |
| 3.25  | 0       | 0      |
| 3.5   | 0       | 60     |
| 3.75  | 0       | 0      |

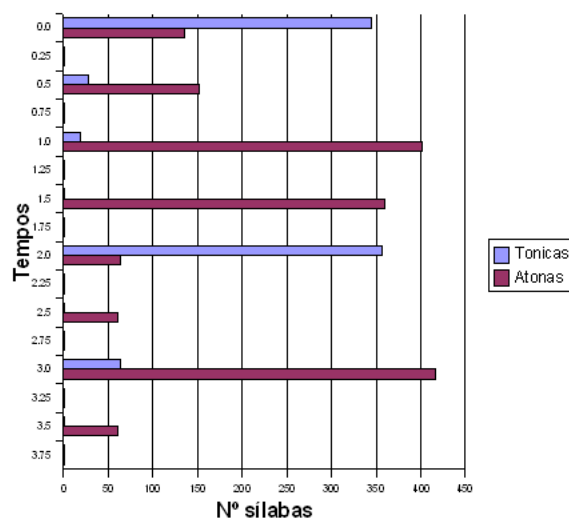


Figura E.4: Distribuição das sílabas por tempo em compassos 4/4, com letras geradas através da estratégia 1

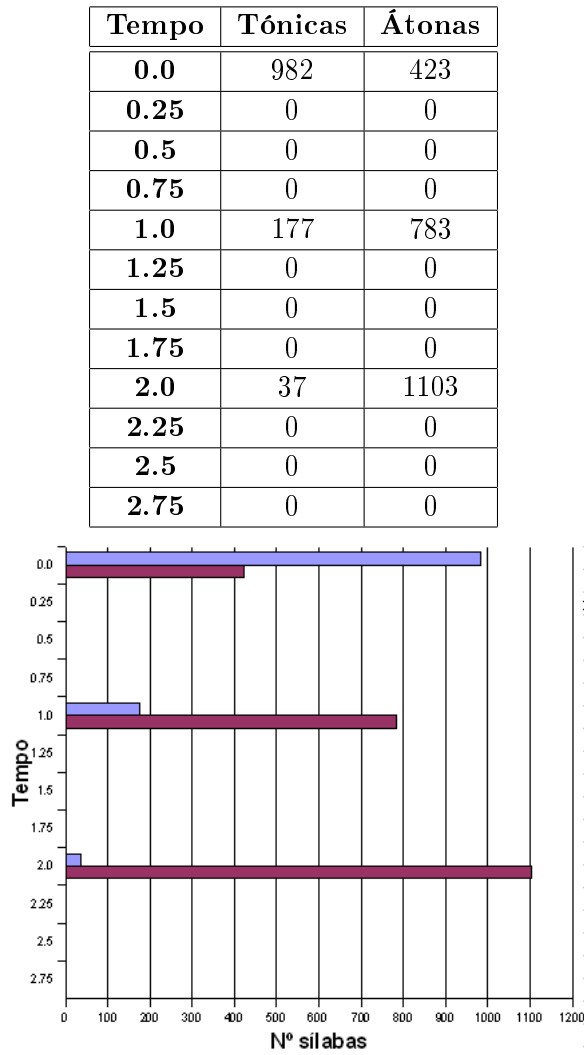


Figura E.5: Distribuição das sílabas por tempo em compassos 3/4, com letras geradas através da estratégia 1



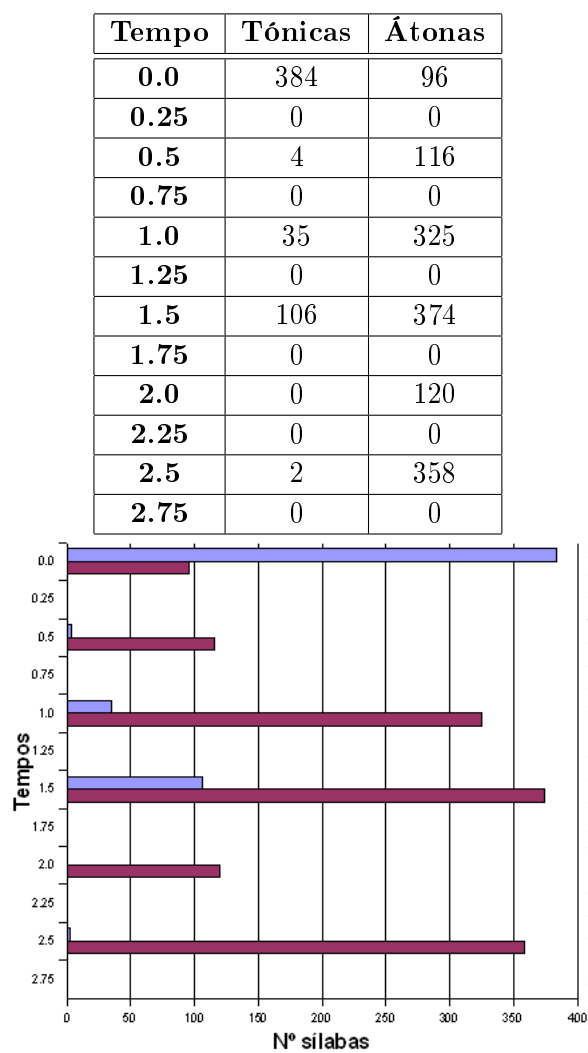


Figura E.6: Distribuição das sílabas por tempo em compassos 6/8, com letras geradas através da estratégia 1

| Nível | Tônicas | Átonas |
|-------|---------|--------|
| 0     | 1711    | 654    |
| 1     | 677     | 2323   |
| 2     | 122     | 1738   |
| 3     | 28      | 632    |
| 4+    | 0       | 0      |

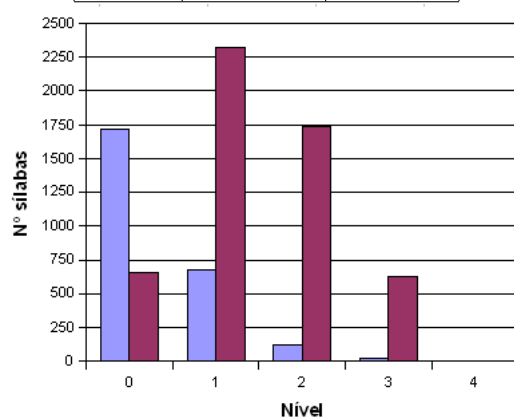


Figura E.7: Distribuição das sílabas por nível de força, com letras geradas através da estratégia 1

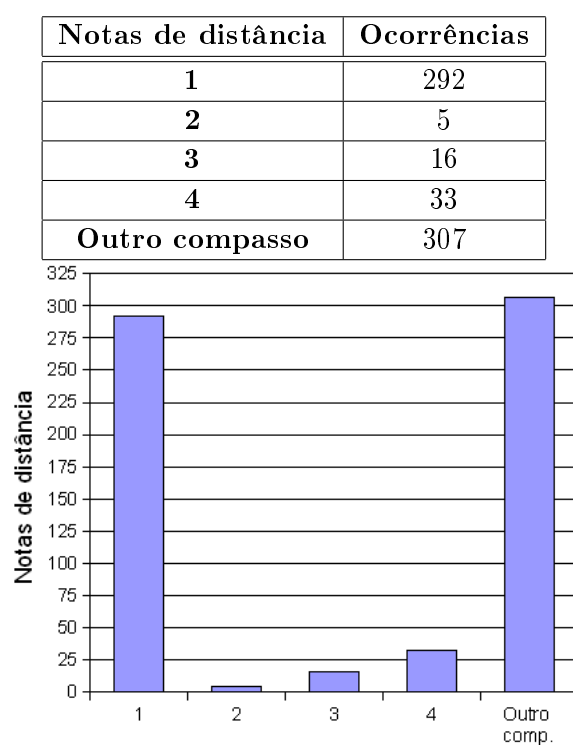


Figura E.8: Resoluções nas letras geradas através da estratégia 1

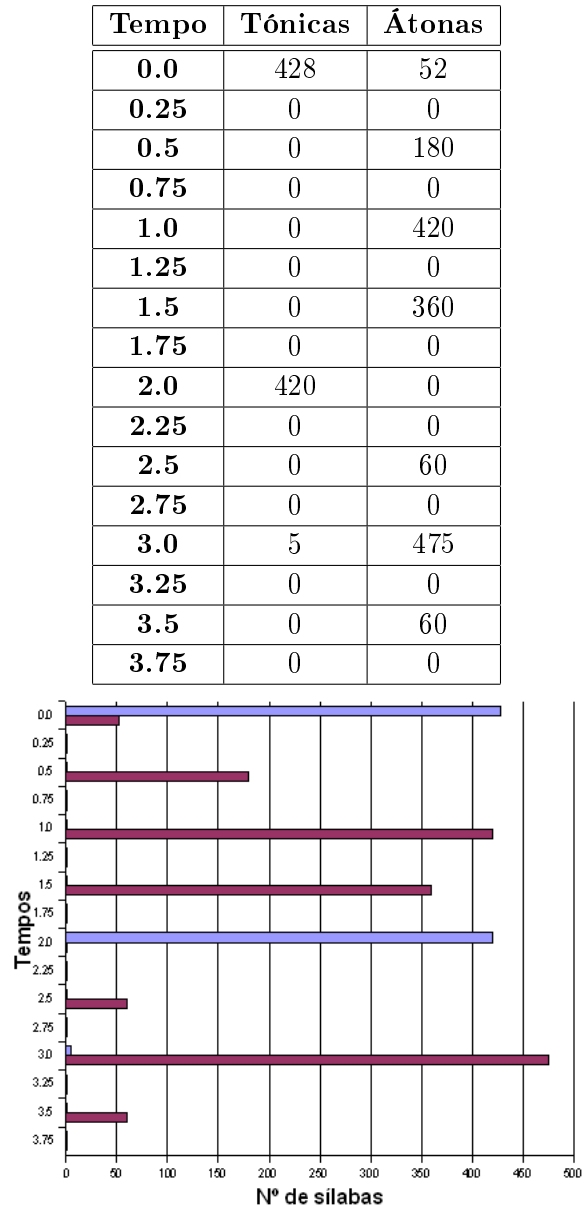


Figura E.9: Distribuição das sílabas por tempo em compassos 4/4, com letras geradas através da estratégia 2

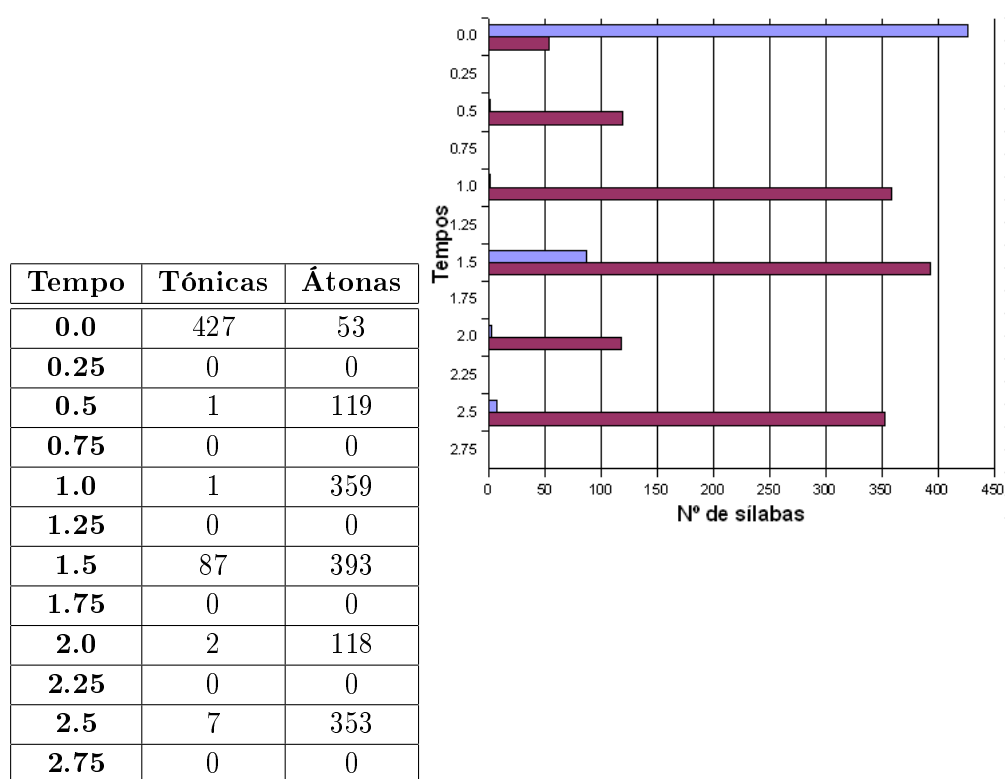


Figura E.10: Distribuição das sílabas por tempo em compassos 6/8, com letras geradas através da estratégia 2

| Tempo | Tônicas | Átonas |
|-------|---------|--------|
| 0.0   | 1252    | 158    |
| 0.25  | 0       | 0      |
| 0.5   | 0       | 0      |
| 0.75  | 0       | 0      |
| 1.0   | 2       | 958    |
| 1.25  | 0       | 0      |
| 1.5   | 0       | 0      |
| 1.75  | 0       | 0      |
| 2.0   | 5       | 1135   |
| 2.25  | 0       | 0      |
| 2.5   | 0       | 0      |
| 2.75  | 0       | 0      |

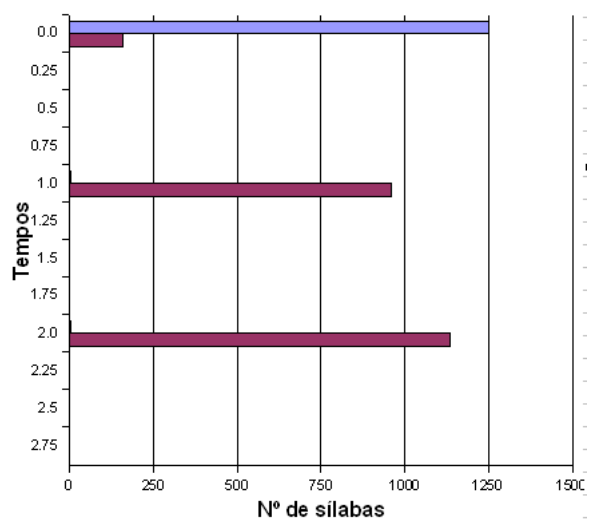


Figura E.11: Distribuição das sílabas por tempo em compassos 3/4, com letras geradas através da estratégia 2

| Nível     | Tônicas | Átonas |
|-----------|---------|--------|
| <b>0</b>  | 2107    | 263    |
| <b>1</b>  | 514     | 2486   |
| <b>2</b>  | 16      | 1844   |
| <b>3</b>  | 0       | 660    |
| <b>4+</b> | 0       | 0      |

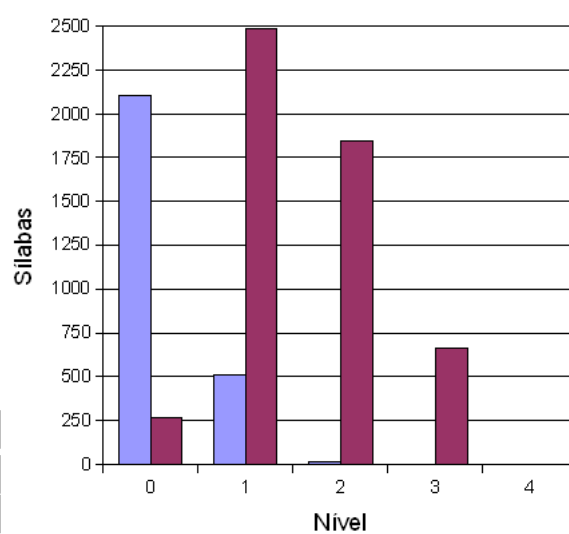


Figura E.12: Distribuição das sílabas por nível de força, com letras geradas através da estratégia 2

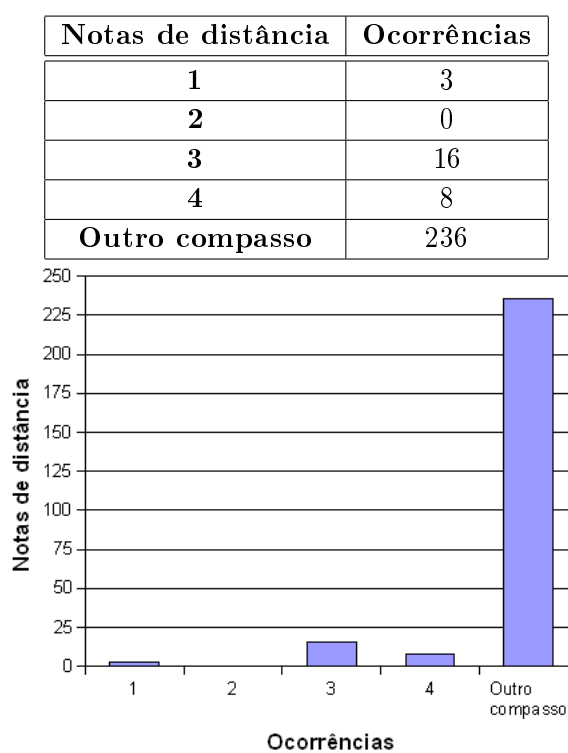


Figura E.13: Resoluções nas letras geradas através da estratégia 2



| Tempo | Tônicas | Átonas |
|-------|---------|--------|
| 0.0   | 429     | 51     |
| 0.25  | 0       | 0      |
| 0.5   | 6       | 174    |
| 0.75  | 0       | 0      |
| 1.0   | 41      | 379    |
| 1.25  | 0       | 0      |
| 1.5   | 4       | 356    |
| 1.75  | 0       | 0      |
| 2.0   | 416     | 4      |
| 2.25  | 0       | 0      |
| 2.5   | 2       | 58     |
| 2.75  | 0       | 0      |
| 3.0   | 6       | 474    |
| 3.25  | 0       | 0      |
| 3.5   | 0       | 60     |
| 3.75  | 0       | 0      |

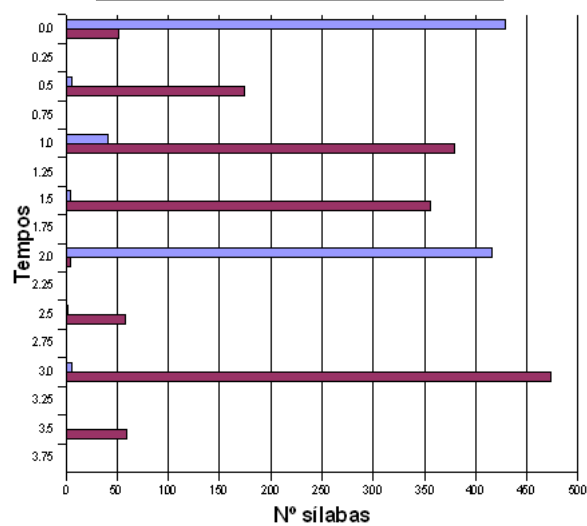


Figura E.14: Distribuição das sílabas por tempo em compassos 4/4, com letras geradas através da estratégia 3

| Tempo | Tônicas | Átonas |
|-------|---------|--------|
| 0.0   | 423     | 57     |
| 0.25  | 0       | 0      |
| 0.5   | 0       | 120    |
| 0.75  | 0       | 0      |
| 1.0   | 7       | 353    |
| 1.25  | 0       | 0      |
| 1.5   | 128     | 352    |
| 1.75  | 0       | 0      |
| 2.0   | 0       | 148    |
| 2.25  | 0       | 0      |
| 2.5   | 17      | 315    |
| 2.75  | 0       | 0      |

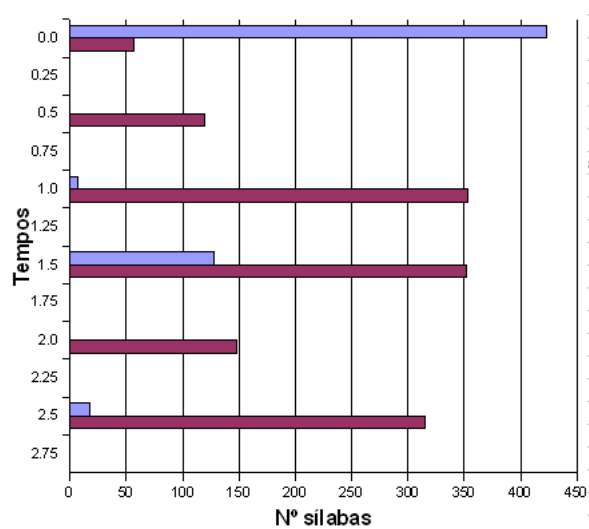


Figura E.15: Distribuição das sílabas por tempo em compassos 6/8, com letras geradas através da estratégia 3

| Tempo       | Tônicas | Átonas |
|-------------|---------|--------|
| <b>0.0</b>  | 1219    | 191    |
| <b>0.25</b> | 0       | 0      |
| <b>0.5</b>  | 0       | 0      |
| <b>0.75</b> | 0       | 0      |
| <b>1.0</b>  | 5       | 955    |
| <b>1.25</b> | 0       | 0      |
| <b>1.5</b>  | 0       | 0      |
| <b>1.75</b> | 0       | 0      |
| <b>2.0</b>  | 14      | 1126   |
| <b>2.25</b> | 0       | 0      |
| <b>2.5</b>  | 0       | 0      |
| <b>2.75</b> | 0       | 0      |

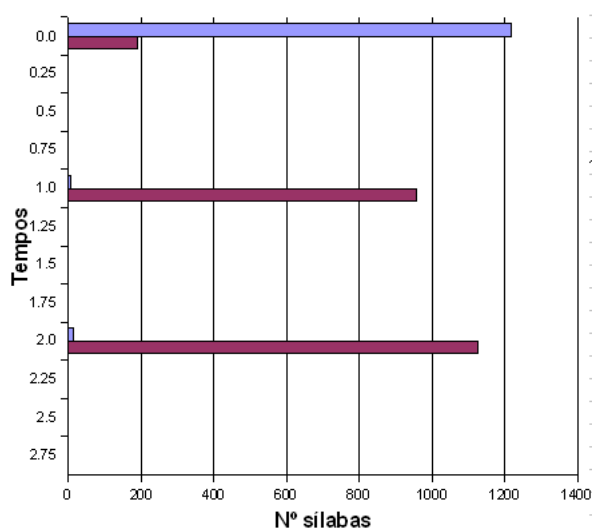


Figura E.16: Distribuição das sílabas por tempo em compassos 3/4, com letras geradas através da estratégia 3

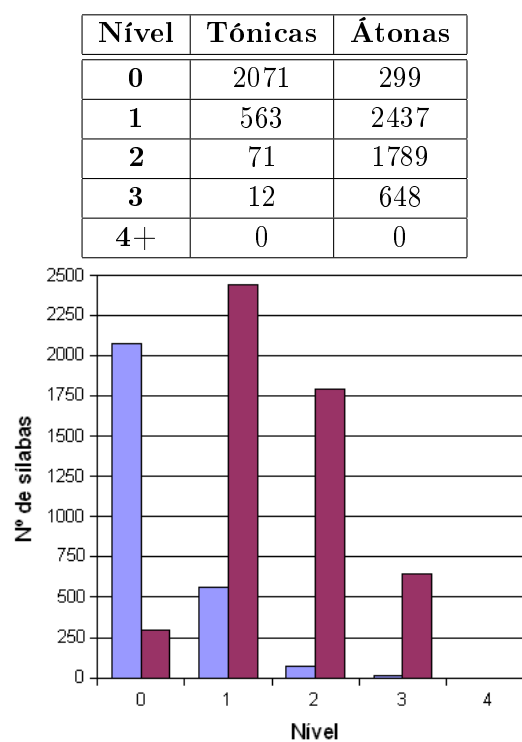


Figura E.17: Distribuição das sílabas por nível de força, com letras geradas através da estratégia 3

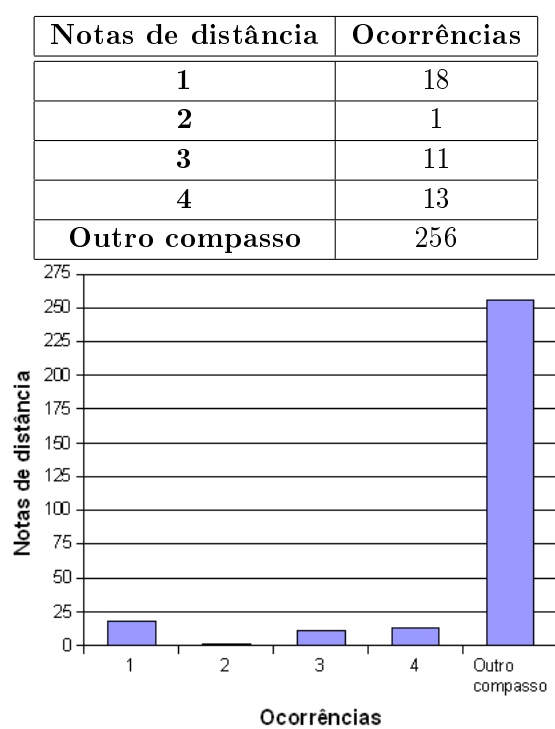


Figura E.18: Resoluções nas letras geradas através da estratégia 3

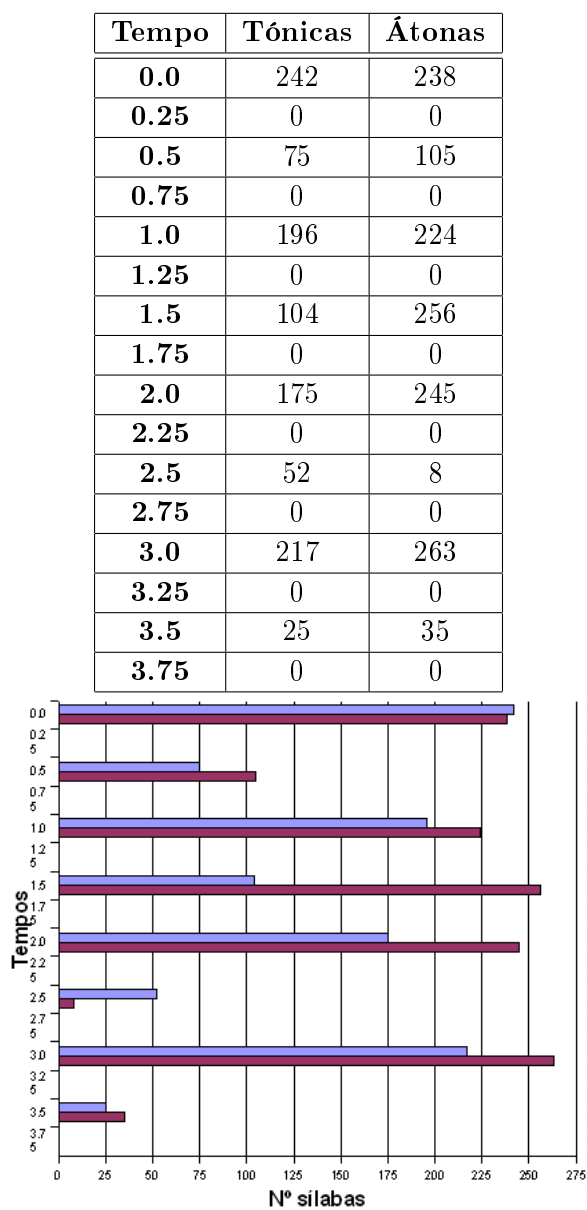


Figura E.19: Distribuição das sílabas por tempo em compassos 4/4, com letras geradas através da estratégia 4

| Tempo       | Tônicas | Átonas |
|-------------|---------|--------|
| <b>0.0</b>  | 164     | 316    |
| <b>0.25</b> | 0       | 0      |
| <b>0.5</b>  | 47      | 73     |
| <b>0.75</b> | 0       | 0      |
| <b>1.0</b>  | 131     | 229    |
| <b>1.25</b> | 0       | 0      |
| <b>1.5</b>  | 134     | 241    |
| <b>1.75</b> | 0       | 0      |
| <b>2.0</b>  | 42      | 78     |
| <b>2.25</b> | 0       | 0      |
| <b>2.5</b>  | 131     | 229    |
| <b>2.75</b> | 0       | 0      |

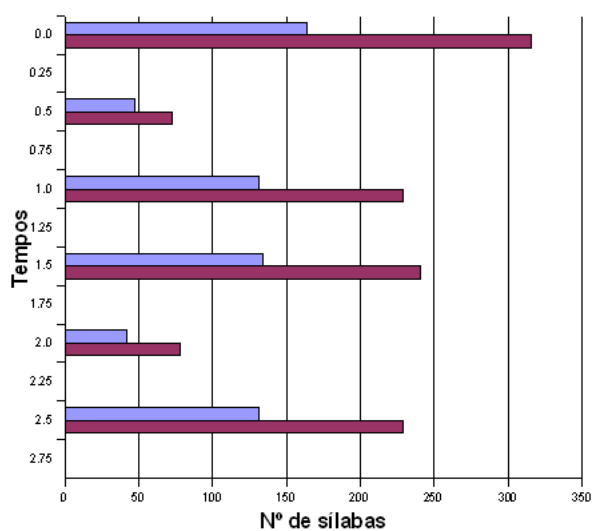


Figura E.20: Distribuição das sílabas por tempo em compassos 6/8, com letras geradas através da estratégia 4

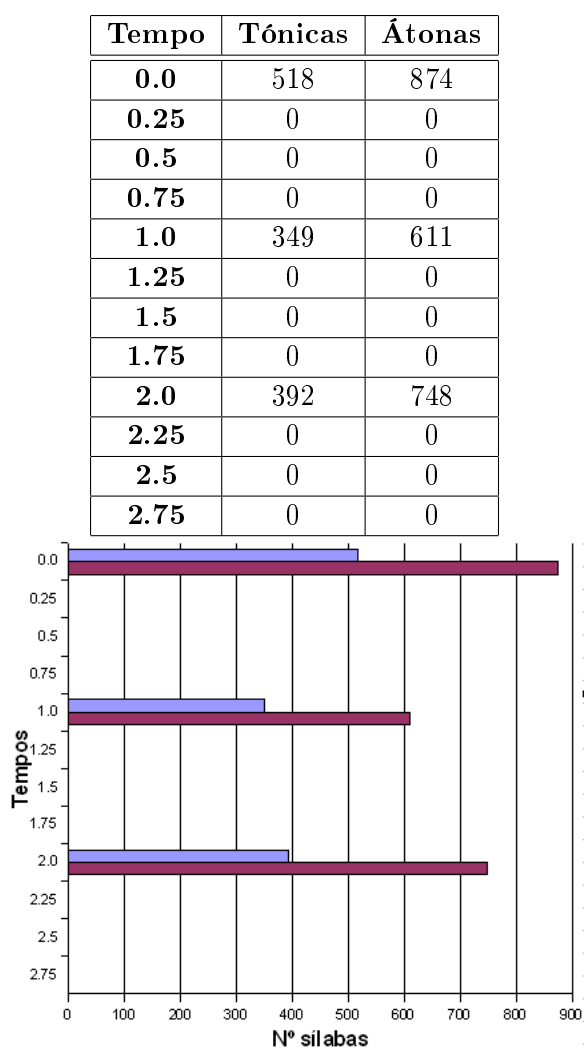


Figura E.21: Distribuição das sílabas por tempo em compassos 3/4, com letras geradas através da estratégia 4



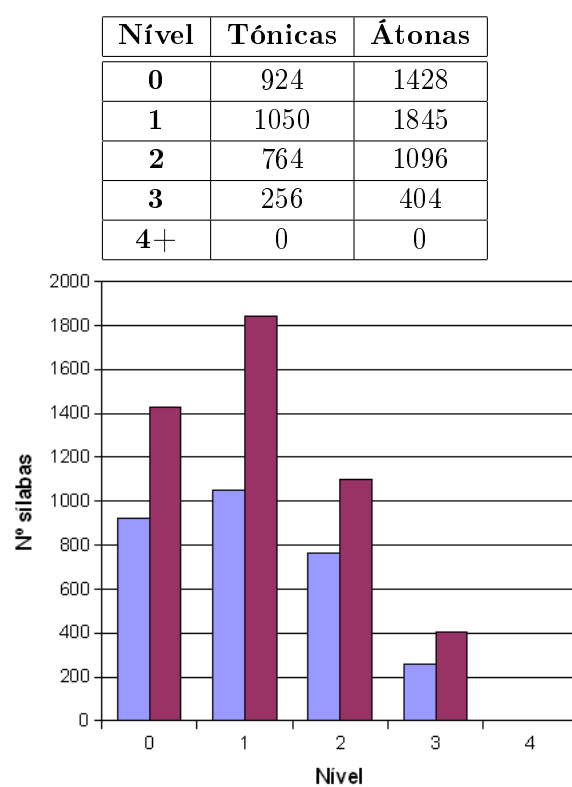


Figura E.22: Distribuição das sílabas por nível de força, com letras geradas através da estratégia 4

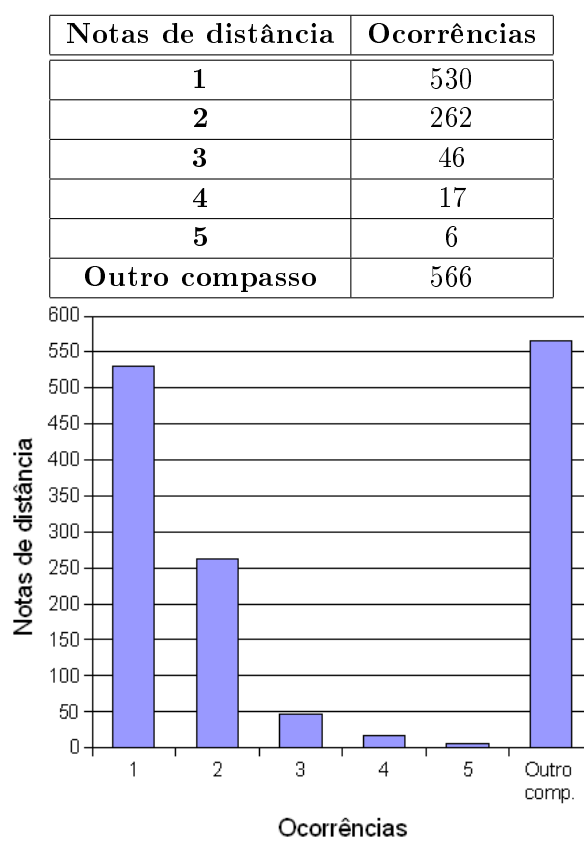


Figura E.23: Resoluções nas letras geradas através da estratégia 4

# Apêndice F

## Avaliação

### F.1 Inquérito

O inquérito de avaliação que os avaliadores foram convidados a responder podia ser acessado através de um browser era idêntico ao da Figura F.1. Era constituído por quatro secções com as letras a avaliar e por uma secção onde era pedida a idade do avaliador e onde se podiam submeter as respostas.

Cada letra foi gerada através de uma estratégia diferente e apresentava-se sobre a forma de partitura, texto e interpretação com voz e guitarra. As perguntas a responder para cada letra eram sempre as mesmas (Figura F.1). Os avaliadores não foram informados de qualquer diferença existente no processo da geração.

### F.2 Letras utilizadas

Este Apêndice contém as quatro letras utilizadas para realizar a avaliação do sistema. Todas foram geradas para a música infantil *Papagaio Louro*, cada uma através de uma estratégia diferente.

Os parâmetros utilizados na geração através de cada estratégia encontram-se descritos de seguida:

- Parâmetros comuns às letras geradas com as quatro estratégias:

Início Letra 1 Letra 2 Letra 3 Letra 4 Terminar

### Letra 1

mé-to-do re-gres-so mé-to-do re-gres-so a-me as-sas-si-na mé-to-do im-pres-so  
vi-mos ci-en-tis-tas mem-bro con-si-de-ra cal-mas fran-cis-ca-nas mé-to-do ve-ne-ra

|  |   |
|--|---|
| Método regresso método regresso ame assassina método impresso<br>Vimos cientistas membro considera calmas franciscanas método venera | Ouvir com a minha bela voz e guitarra<br><a href="#">aqui</a> |
|--|---|

#### 1 – Articulação com o ritmo

a) Articulação da letra com o ritmo da música (0 - péssima, 4 - encaixa perfeitamente) :  0  1  2  3  4

b) Seleccione as caixas que acha que dizem respeito ao fim de frases (imagine que tinha de colocar pontos finais):

Método  regresso  método  regresso  ame  assassina  método  impresso   
vimos  cientistas  membro  considera  calmas  franciscanas  método  venera

#### 2 – Rimas

a) Rimas em geral (0 - inexistentes/péssimas, 4 - muito boas)  0  1  2  3  4

b) Rima mais bem conseguida

(no caso de não identificar qualquer rima deixe em branco)

com

#### 3 – Sonoridade

a) Geral (0 - péssima, 4 - muito agradável)  0  1  2  3  4

b) Indique as duas palavras sonoridade mais agradável:

e

c) Indique as duas palavras que soam pior

e

#### 4 – Semântica

a) Consegue-se retirar algum sentido da letra? (0 - nenhum, 4 - bastante claro)  0  1  2  3  4

b) Sugira um título para a música (1 a 5 palavras):

#### 5 – Qualidade

a) Qualidade geral da letra (0 - péssima, 4 - muito boa)  0  1  2  3  4

b) Capacidade de proporcionar entretenimento

(0 - nem para isso serve/não tem piada nenhuma, 4 - bastante, fartei-me de rir)  0  1  2  3  4

Figura F.1: Inquérito de avaliação

|                                    |  |
|------------------------------------|--|
| <b>Melodia</b>                     | <i>Papagaio Louro</i>  |
| <b>Fronteira forte/fraco</b>       | 2 (todos os tempos cuja força é menos de metade da força mínima considerada. Tendo em conta que é um compasso 2/4, os tempos considerados fortes são só aqueles que estão no nível de força 0) |
| <b>Divisão da música em partes</b> | [12;12;12;12], ou seja, quatro partes com o tamanho de 12 notas.   |
| <b>Partes musicais por frase</b>   | 2  |
| <b>Tipo da base de dados</b>       | A “nossa” base de dados (ver na Secção 3.7.2)  |

- Parâmetros comuns às letras geradas com as estratégias 1, 2 e 3 (Figura F.2), 2 (Figura F.3) e 3 (Figura F.4):

|  |      |
|--|------|
| <b>Probabilidade de rima</b>                     | 100% |
| <b>Probabilidade de reutilização de palavras</b> | 50%  |

- Parâmetros específicos da letra gerada com a estratégia 2:

|   |     |
|---|-----|
| <b>Probabilidade de seleccionar uma conjunção</b> | 80% |
|---|-----|

- Parâmetros específicos da letra gerada com a estratégia 3:

|                                      |                                   |
|--------------------------------------|-----------------------------------|
| <b>Partes musicais por frase</b>     | 2                                 |
| <b>Temas</b>                         | [saudade, chorar, partir, deixar] |
| <b>Melhores coeficientes de rima</b> | 3                                 |
| <b>Máximo de passagens</b>           | 3                                 |

- Parâmetros específicos da letra gerada com a estratégia 4 (Figura F.5):

|   |   |
|---|---|
| <b>Número de gerações para cada frase</b> | 200   |
| <b>Pontuação aceitável</b>                | 5   |
| <b>Penalizações</b>                       | tamanho a mais=5; tamanho a menos=3; átona em tempo forte=5; tónica em tempo fraco=0; falta de rima=3; corte por pausa=4; |

As letras geradas encontram-se nas Figuras F.2, F.3, F.4 e F.5, pela mesma ordem que se apresentavam no inquérito. Nas estratégias em que existe uma noção de categoria gramatical e de frase também é possível verificar a classe gramatical e o final de cada frase gerada, assinalado através de um ponto. Na estratégia 2, alguns pontos encontram-se entre parêntesis, porque, apesar de se tratar do fim de produções não se trata do fim de uma frase, mas sim de frases ligadas por uma conjunção.

mé-to-do re - gres - so mé-to-do re - gres - so a-me as - sas - si - na mé-to-do im - pres - so  
vi - mos ci - en - tis - tas mem - bro con - si - de - ra cal - mas fran - cis - ca - nas mé-to-do ve - ne - ra

|                     |
|---------------------|
| Método regresso     |
| método regresso     |
| ame assassina       |
| método impresso     |
| vimos cientistas    |
| membro considera    |
| calmas franciscanas |
| método venera       |

Figura F.2: Avaliação da estratégia 1

u - mas em - bai - xa - das óp - ti - cas ba - nir me - lhor as cor - te - si - as pois te - o - ri - za - ram  
eu a - pro - vei - tan - do por - co um je - jum fun - da - do sus - ten - tou a - quem as gu - lo - sei - mas

|                     |               |
|---------------------|---------------|
| Um                  | art nc        |
| baixada             | adj v         |
| ópticas banir       | adv art nc(.) |
| melhor as cortesias | con(.) v.     |
| pois teorizaram     | ppes v        |
| eu aproveitando     | adj art nc    |
| porco um jejum      | adj v         |
| fundado sustentou   | adv art nc.   |
| aquém as guloseimas |               |

Figura F.3: Avaliação da estratégia 2

on - ze do - mi - na - das sau - da - des fi - nais de - zoi - to in - for - má - ti - cas o - ri - gi - nais nós  
 es - tas fa - vo - ri - tas dei - xa - mos a - que - las sau - da - des a - que - las sau - da - des se - rão tais

|                      |                       |
|----------------------|-----------------------|
| Onze dominadas       | card <sup>1</sup> adj |
| saudades finais      | nc v                  |
| dezoito informáticas | card <sup>1</sup> adj |
| originais nós        | nc. ppes.             |
| estas favoritas      | pdem nc               |
| deixamos aquelas     | v pdem                |
| saudades aquelas     | nc. pdem              |
| saudades serão tais  | nc v pdem.            |

Os numerais cardinais foram considerados artigos, dados terem a mesma função.

Figura F.4: Avaliação da estratégia 3

man - têm - cem fã s pe - ran - te se - te ca - ças vós ca - sais pra vós os cau - sa - ram ex - tra - ir  
 re - ti - nham por nós so - bre nós eu al - can - ce eu lan - ce um quei - jo jul - ga um ro - man - ce

|                      |                    |
|----------------------|--------------------|
| Mantêm cem fã s      | v art nc           |
| perante sete caças   | prep art nc.       |
| vós casais pra vós   | ppes v prep ppes.  |
| os causaram extrair  | ppes v v.          |
| retinham por nós     | v prep ppes        |
| sobre nós eu alcance | prep ppes. ppes v. |
| eu lance um queijo   | ppes v. art nc     |
| julga um romance     | v art nc.          |

Figura F.5: Avaliação da estratégia 4

| Média 1 | Desvio 1 | Média 2 | Desvio 2 | Média 3 | Desvio 3 | Média 4 | Desvio 4 |
|---------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|
| 3.3382  | 0.8155   | 2.1552  | 1.2149   | 2.2500  | 1.0897   | 2.3696  | 1.0705   |

Figura F.6: Médias e desvios padrão das classificações do ritmo nas várias estratégias

### F.3 Resultados

Os inquiridos encontraram-se online durante 2 semanas e foram respondidos por 70 pessoas anónimas e com idades entre os 12 e os 49 anos. A sua estrutura era igual à Figura F.1 e nenhuma das questões era de resposta obrigatória, o que levou a que alguns não tivessem sido completamente preenchidos.

Foram recolhidas as idades das pessoas que responderam ao inquérito e o tempo que demoraram a responder:

|                                 |         |
|---------------------------------|---------|
| <b>Média das idades</b>         | 22.7143 |
| <b>Desvio padrão das idades</b> | 5.4750  |
| <b>Média dos tempos</b>         | 15.3478 |
| <b>Desvio padrão dos tempos</b> | 5.7580  |

#### F.3.1 Articulação com o ritmo

Avaliação da articulação da letra com o ritmo (Figura F.6) e identificação das frases das letras (Figuras F.7, F.8, F.9 e F.10). A divisão da letra em frases encontra-se representada por uma lista de números correspondente à posição (de 1 até ao tamanho da palavra) da última palavra de cada frase. A divisão feita trata-se simplesmente do final dos templates gerados, que são a noção de frase que o programa tem. Como já dito anteriormente, na letra gerada pela estratégia 2 a divisão feita pelo programa junta duas frases através de uma conjunção e é por isso que dois números aparecem entre parêntesis, significando que, apesar do programa ter gerado a sequência a partir de três templates, eles na realidade só dizem respeito a uma frase.

Há a dizer que ninguém acertou completamente a divisão de qualquer letra.

#### F.3.2 Rimas

Resultados da avaliação das rimas (Figuras F.11, F.12, F.13, F.14, F.15).



| <b>Divisão pelo programa</b>          | Inexistente            |
|---------------------------------------|------------------------|
| <b>Divisão</b>                        | <b>No. de escolhas</b> |
| [8,16]                                | 12                     |
| [2,4,6,8,10,12,14,16]                 | 10                     |
| [4,8,12,16]                           | 7                      |
| [4,8,16]                              | 3                      |
| <b>Divisões diferentes escolhidas</b> | <b>37</b>              |

Figura F.7: Identificação de frases na letra gerada pela estratégia 1, com três escolhas ou mais

| <b>Divisão pelo programa</b>          | [(7, 8,) 9, 12, 18]    |
|---------------------------------------|------------------------|
| <b>Divisão</b>                        | <b>No. de escolhas</b> |
| [9,18]                                | 13                     |
| [9,14,18]                             | 3                      |
| [3,9,12,18]                           | 3                      |
| [4,9,14,18]                           | 3                      |
| <b>Divisões diferentes escolhidas</b> | <b>48</b>              |

Figura F.8: Identificação de frases na letra gerada pela estratégia 2, com três escolhas ou mais

| <b>Divisão pelo programa</b>          | [7,8,13,17]            |
|---------------------------------------|------------------------|
| <b>Divisão</b>                        | <b>No. de escolhas</b> |
| [7,17]                                | 5                      |
| [4,7,13,17]                           | 3                      |
| <b>Divisões diferentes escolhidas</b> | <b>58</b>              |

Figura F.9: Identificação de frases na letra gerada pela estratégia 3, com três escolhas ou mais

| <b>Divisão pelo programa</b>          | [6,10,13,18,20,22,27]  |
|---------------------------------------|------------------------|
| <b>Divisão</b>                        | <b>No. de escolhas</b> |
| [6,13,20,27]                          | 8                      |
| [13,27]                               | 6                      |
| <b>Divisões diferentes escolhidas</b> | <b>47</b>              |

Figura F.10: Identificação de frases na letra gerada pela estratégia 4, com três escolhas ou mais

| Média 1 | Desvio 1 | Média 2 | Desvio 2 | Média 3 | Desvio 3 | Média 4 | Desvio 4 |
|---------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|
| 2.5588  | 0.8468   | 0.5938  | 0.8965   | 1.8209  | 1.1451   | 1.7368  | 1.0846   |

Figura F.11: Médias e desvios padrão das classificações das rimas nas várias estratégias

| Palavra 1  | Palavra 2    | No. de escolhas |
|------------|--------------|-----------------|
| regresso   | impresso     | 34              |
| considera  | venera       | 24              |
| cientistas | franciscanas | 1               |
| calmas     | franciscanas | 1               |

Figura F.12: Melhores rimas na letra gerada com a estratégia 1

| Palavra 1  | Palavra 2 | No. de escolhas |
|------------|-----------|-----------------|
| um         | jejum     | 2               |
| banir      | porco     | 1               |
| embaixadas | cortesias | 1               |

Figura F.13: Melhores rimas na letra gerada com a estratégia 2

| Palavra 1    | Palavra 2 | No. de escolhas |
|--------------|-----------|-----------------|
| finais       | originais | 38              |
| finais       | tais      | 6               |
| originais    | tais      | 3               |
| informáticas | favoritas | 1               |
| favoritas    | tais      | 1               |
| dominadas    | onze      | 1               |
| informáticas | originais | 1               |
| saudades     | finais    | 1               |

Figura F.14: Melhores rimas na letra gerada com a estratégia 3

| Palavra 1      | Palavra 2 | No. de escolhas |
|----------------|-----------|-----------------|
| alcance        | romance   | 35              |
| lance          | romance   | 8               |
| alcance        | lance     | 3               |
| nós            | vós       | 2               |
| alcance, lance | romance   | 2               |
| nós            | nós       | 1               |
| romance        | alcance   | 1               |
| mantêm         | cem       | 1               |
| fãs            | julga     | 1               |

Figura F.15: Melhores rimas na letra gerada com a estratégia 4

| Média 1 | Desvio 1 | Média 2 | Desvio 2 | Média 3 | Desvio 3 | Média 4 | Desvio 4 |
|---------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|
| 2.6522  | 0.8652   | 1.8788  | 1.0374   | 2.1642  | 0.9864   | 2.2295  | 0.9125   |

Figura F.16: Médias e desvios padrão das classificações da sonoridade nas várias estratégias

### F.3.3 Sonoridade

Resultados da avaliação da sonoridade (Figuras F.16, F.17, F.18, F.19, F.20).

Na avaliação da estratégia 3 as palavras “nós” e “tais” aparecem como tendo a pior sonoridade. É provável que as pessoas não se estivessem a referir de facto à sonoridade das palavras, mas à forma como elas aparecem na letra. Estas palavras aparecem algo soltas porque coincidem com o fim de frases que foram forçadas a terminar de repente para que coincidissem com o fim de frases musicais.

### F.3.4 Semântica

Resultados relativos à avaliação semântica (Figuras F.21, F.22, F.23, F.24, F.25, F.26, F.27, F.28).

- Apesar de nenhuma das estratégias se preocupar com a semântica, muita gente foi capaz de atribuir títulos às letras, contendo os mesmos palavras retiradas ou da mesma família das da letra relacionadas entre elas. Foram também atribuídos títulos com palavras relacionadas com algumas palavras na letra.
- Na estratégia 3, 43 títulos atribuídos contêm as palavras “saúde” ou

| Melhor sonoridade |                 | Pior sonoridade |                 |
|-------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Palavra           | No. de escolhas | Palavra         | No. de escolhas |
| regresso          | 24              | ame             | 26              |
| método            | 23              | franciscanas    | 19              |
| franciscanas      | 16              | método          | 14              |
| impresso          | 15              | cientistas      | 14              |
| venera            | 13              | venera          | 12              |
| assassina         | 13              | assassina       | 11              |
| cientistas        | 10              | membro          | 6               |
| considera         | 6               | considera       | 5               |
| calmas            | 5               | vimos           | 4               |
| vimos             | 3               | regresso        | 4               |
| membro            | 2               | calmas          | 4               |
| laranjas          | 1               | impresso        | 3               |
| ame               | 1               | vemos           | 1               |
| vamos             | 1               | pizza           | 1               |
|                   |                 | lasanha         | 1               |

Figura F.17: Sonoridade das palavras na letra geradas com a estratégia 1

| Melhor sonoridade |                 | Pior sonoridade |                 |
|-------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Palavra           | No. de escolhas | Palavra         | No. de escolhas |
| embaixadas        | 27              | teorizaram      | 24              |
| guloseimas        | 21              | jejum           | 16              |
| cortesias         | 17              | banir           | 12              |
| aproveitando      | 9               | aquém           | 11              |
| ópticas           | 8               | ópticas         | 13              |
| jejum             | 7               | porco           | 9               |
| teorizaram        | 7               | guloseimas      | 8               |
| aquém             | 6               | embaixadas      | 7               |
| umas              | 5               | fundado         | 6               |
| sustentou         | 4               | sustentou       | 6               |
| melhor            | 3               | aproveitando    | 4               |
| porco             | 3               | melhor          | 4               |
| fundado           | 3               | cortesias       | 3               |
| banir             | 2               | pois            | 1               |
| eu                | 2               | eu              | 1               |
| pois              | 1               | um              | 1               |

Figura F.18: Sonoridade das palavras na letra geradas com a estratégia 2

| Melhor sonoridade |                 | Pior sonoridade |                 |
|-------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Palavras          | No. de escolhas | Palavras        | No. de escolhas |
| saudades          | 33              | nós             | 24              |
| originais         | 27              | tais            | 22              |
| dominadas         | 16              | informáticas    | 21              |
| finais            | 16              | dezoito         | 21              |
| favoritas         | 10              | serão           | 8               |
| aquelas           | 8               | onze            | 6               |
| informáticas      | 5               | dominadas       | 5               |
| deixamos          | 5               | aquelas         | 4               |
| dezoito           | 3               | saudades        | 4               |
| tais              | 3               | deixamos        | 3               |
| serão             | 3               | favoritas       | 2               |
| onze              | 1               | originais       | 2               |
|                   |                 | finais          | 2               |
|                   |                 | vós             | 1               |
|                   |                 | estas           | 1               |

Figura F.19: Sonoridade das palavras na letra geradas com a estratégia 3

“saudades” que era uma das palavras na lista de temas, introduzida como parâmetro de geração.

| Melhor sonoridade |                 | Pior sonoridade |                 |
|-------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Palavras          | No. de escolhas | Palavras        | No. de escolhas |
| romance           | 37              | extrair         | 44              |
| alcance           | 18              | mantêm          | 14              |
| caças             | 17              | retinham        | 13              |
| lance             | 8               | queijo          | 11              |
| fãs               | 7               | causaram        | 7               |
| mantêm            | 6               | fãs             | 8               |
| casais            | 6               | caças           | 6               |
| perante           | 5               | lance           | 5               |
| queijo            | 5               | julga           | 3               |
| retinham          | 4               | vós             | 3               |
| cem               | 3               | casais          | 3               |
| sete              | 2               | perante         | 2               |
| extrair           | 2               | cem             | 1               |
| julga             | 2               | alcance         | 1               |
| pra               | 1               | os              | 1               |
| sobre             | 1               | por             | 1               |
| eu                | 1               | pra             | 1               |
| vós               | 1               | sete            | 1               |
| perante           | 1               |                 |                 |
| nós               | 1               |                 |                 |
| lance             | 1               |                 |                 |

Figura F.20: Sonoridade das palavras na letra geradas com a estratégia 4

| Média 1 | Desvio 1 | Média 2 | Desvio 2 | Média 3 | Desvio 3 | Média 4 | Desvio 4 |
|---------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|
| 0.5714  | 0.8031   | 0.6000  | 0.8848   | 1.6618  | 1.0794   | 1.1538  | 1.1927   |

Figura F.21: Médias e desvios padrão das classificações da clareza do sentido nas várias estratégias

| <b>Título</b>                     | <b>No. de escolhas</b> |
|-----------------------------------|------------------------|
| método regresso                   | 15                     |
| método                            | 12                     |
| calmas franciscanas               | 2                      |
| metodologias                      | 2                      |
| o método                          | 2                      |
| cientistas franciscanas           | 2                      |
| método regresso método venera     | 1                      |
| o método e a alma                 | 1                      |
| cejas                             | 1                      |
| regresso ao método                | 1                      |
| assassina franciscana             | 1                      |
| metodo hardcore                   | 1                      |
| método em evolução                | 1                      |
| o regresso do assassino francisco | 1                      |
| discurso sem método               | 1                      |
| método non_sense                  | 1                      |
| doido                             | 1                      |
| louro                             | 1                      |
| o senhor método                   | 1                      |
| conceitos soltos                  | 1                      |
| besugo in the house               | 1                      |
| método impresso                   | 1                      |
| o método das franciscanas         | 1                      |
| qual o método                     | 1                      |
| coldplay the scientist            | 1                      |
| regresso                          | 1                      |
| o método regresso                 | 1                      |
| aleatória                         | 1                      |
| modus operandi                    | 1                      |
| métodos                           | 1                      |
| veneração do método               | 1                      |
| franciscana assassina             | 1                      |
| paula bobone                      | 1                      |
| método científico                 | 1                      |
| demência                          | 1                      |
| método o quê?                     | 1                      |
| o assassino das franciscanas      | 1                      |
| espasmo musical                   | 1                      |
| já não sou um miúdo               | 1                      |
| <b>Não atribuíram título</b>      | <b>2</b>               |

Figura F.22: Títulos atribuídos à letra gerada com a estratégia 1

| <b>Título</b>                                       | <b>No. de escolhas</b> |
|---|------------------------|
| guloseimas  | 3                      |
| embaixadas ópticas                                  | 3                      |
| jejum fundado                                       | 2                      |
| embaixadas  | 2                      |
| confusão  | 2                      |
| a teoria do farnel                                  | 1                      |
| política externa alimentar                          | 1                      |
| umas embaixadas                                     | 1                      |
| aproveitando um porco                               | 1                      |
| que cena esquisita...                               | 1                      |
| porco   | 1                      |
| um jejum  | 1                      |
| festim nu   | 1                      |
| fome  | 1                      |
| diarreia mental                                     | 1                      |
| o desenjaur   | 1                      |
| porcos capitalistas                                 | 1                      |
| guloseimas sustentadoras                            | 1                      |
| ilógica   | 1                      |
| o porco diabético na embaixada                      | 1                      |
| memórias de rams                                    | 1                      |
| jejum fundado                                       | 1                      |
| reinados  | 1                      |
| o porco e as guloseimas                             | 1                      |
| desorganização                                      | 1                      |
| porco fundado                                       | 1                      |
| aproveitando...                                     | 1                      |
| a gulodice  | 1                      |
| jejum das cortesias                                 | 1                      |
| palestina   | 1                      |
| umaxada   | 1                      |
| a greve de fome na embaixada dos porcos triunfantes | 1                      |
| fome e fartura                                      | 1                      |
| jejum com goluseimas e porco                        | 1                      |
| doce judeu  | 1                      |
| porco um jejum                                      | 1                      |

Figura F.23: Títulos atribuídos à letra gerada com a estratégia 2



| <b>Título</b>                  | <b>No. de escolhas</b> |
|--------------------------------|------------------------|
| cortesia                       | 1                      |
| porcos gulosos                 | 1                      |
| doces                          | 1                      |
| cortesias teorizaram           | 1                      |
| candy and porc                 | 1                      |
| sinestesia                     | 1                      |
| teorias da guloseima           | 1                      |
| devaneio sem sentido           | 1                      |
| as guloseimas das cortesias    | 1                      |
| porco jejum                    | 1                      |
| banir                          | 1                      |
| as embaixadas das guloseimas   | 1                      |
| jejum                          | 1                      |
| coiso                          | 1                      |
| aquém as guloseimas            | 1                      |
| os porcos das embaixadas       | 1                      |
| nonsense                       | 1                      |
| um corte no tempo das heresias | 1                      |
| aleatória (parte 2)            | 1                      |
| embaixador javardo             | 1                      |
| verborreia                     | 1                      |
| <b>Não atribuíram título</b>   | <b>6</b>               |

Figura F.24: Títulos atribuídos à letra gerada com a estratégia 2 (continuação)

| <b>Título</b>                                   | <b>No. de Ecolhas</b> |
|---|-----------------------|
| saudades  | 20                    |
| saudade   | 4                     |
| saudades informáticas                           | 3                     |
| saudade informática                             | 2                     |
| a saudade da universidade                       | 1                     |
| dezoito informáticas (in your dreams)           | 1                     |
| o final de curso                                | 1                     |
| as saudades                                     | 1                     |
| o adeus informático                             | 1                     |
| informáticas dominadoras                        | 1                     |
| saudades pos_ modernas                          | 1                     |
| sem nome  | 1                     |
| depois de 5 anos a estudares é este o resultado | 1                     |
| as informáticas                                 | 1                     |
| onze saudades tais                              | 1                     |
| dezoito informáticas                            | 1                     |
| informáticas dominadas                          | 1                     |
| 18 tecnicas informáticas originais              | 1                     |
| informáticas saudosistas                        | 1                     |
| as saudades informáticas                        | 1                     |
| informaticas                                    | 1                     |
| saudades finais                                 | 1                     |
| aquelas saudades...                             | 1                     |
| saudade aquela                                  | 1                     |
| o dominado                                      | 1                     |
| final de curso                                  | 1                     |
| informáticas favoritas                          | 1                     |
| fado dominatrix                                 | 1                     |
| dezoito   | 1                     |
| deixamos saudades                               | 1                     |
| a informática                                   | 1                     |
| onze dominadas saudades                         | 1                     |
| saudosismos                                     | 1                     |
| dezoito informáticas, onze dominadas            | 1                     |

Figura F.25: Títulos atribuídos à letra gerada com a estratégia 3

| <b>Título</b>                                  | <b>No. de Ecolhas</b> |
|--|-----------------------|
| saudades infinitas                             | 1                     |
| as saudades das informáticas lésbicas de minsk | 1                     |
| fim de curso                                   | 1                     |
| originais                                      | 1                     |
| saudades das informáticas                      | 1                     |
| adeus que me perei                             | 1                     |
| saudades aquelas                               | 1                     |
| eu aproveitei                                  | 1                     |
| saudosa informática                            | 1                     |
| <b>Não atribuíram título</b>                   | <b>2</b>              |

Figura F.26: Títulos atribuídos à letra gerada com a estratégia 3 (continuação)

| <b>Título</b>                | <b>No. de escolhas</b> |
|------------------------------|------------------------|
| romance                      | 4                      |
| fãs                          | 2                      |
| lance um queijo              | 2                      |
| queijo romance               | 1                      |
| rotina de caça               | 1                      |
| fama                         | 1                      |
| devaneios ii                 | 1                      |
| o romance e o casamento      | 1                      |
| fas de queijo                | 1                      |
| caçador de queijos           | 1                      |
| os casais                    | 1                      |
| um beijo por um queijo       | 1                      |
| romances...                  | 1                      |
| finalmente o fim             | 1                      |
| julgar um queijo por romance | 1                      |
| caça de estrelas             | 1                      |
| vós e nós                    | 1                      |
| fãs apaixonadas              | 1                      |
| poesia também é rítmica.     | 1                      |
| sete caças                   | 1                      |
| cem fãs                      | 1                      |
| os amores da aldeia          | 1                      |
| o queijo e os sete caças     | 1                      |
| amor                         | 1                      |
| queijo romantico             | 1                      |
| última demonstração vocal    | 1                      |
| queijo                       | 1                      |
| queijo voador                | 1                      |
| eles                         | 1                      |
| romance do queijo            | 1                      |
| o julgamento do romance iii  | 1                      |
| as fãs                       | 1                      |

Figura F.27: Títulos atribuídos à letra gerada com a estratégia 4

| <b>Título</b>                | <b>No. de escolhas</b> |
|------------------------------|------------------------|
| ...                          | 1                      |
| o caçador                    | 1                      |
| a banda francesa             | 1                      |
| cem fãs perante sete caças   | 1                      |
| confuso                      | 1                      |
| ídolo                        | 1                      |
| amantes                      | 1                      |
| romance de queijo            | 1                      |
| lancei um queijo             | 1                      |
| 100 fãs são 50 casais        | 1                      |
| alcance, lance, romance      | 1                      |
| lançamento do queijo         | 1                      |
| não consegui atribuir nenhum | 1                      |
| fome                         | 1                      |
| queijo fresco                | 1                      |
| casar para quem              | 1                      |
| o queijo do romance          | 1                      |
| lance                        | 1                      |
| romantismo                   | 1                      |
| fãs do romance               | 1                      |
| à caça das fãs               | 1                      |
| delirium                     | 1                      |
| amor perfeito                | 1                      |
| um eu                        | 1                      |
| alcance romance              | 1                      |
| casamento sangrento          | 1                      |
| acções                       | 1                      |
| <b>Não atribuíram título</b> | <b>6</b>               |

Figura F.28: Títulos atribuídos à letra gerada com a estratégia 4 (continuação)

| Média 1 | Desvio 1 | Média 2 | Desvio 2 | Média 3 | Desvio 3 | Média 4 | Desvio 4 |
|---------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|
| 1.5143  | 1.0789   | 1.0571  | 1.1574   | 1.8571  | 1.0729   | 1.6471  | 1.0678   |

Figura F.29: Médias e desvios padrão das classificações da qualidade nas várias estratégias

| Média 1 | Desvio 1 | Média 2 | Desvio 2 | Média 3 | Desvio 3 | Média 4 | Desvio 4 |
|---------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|
| 2.3571  | 1.2193   | 1.8429  | 1.3378   | 2.1143  | 1.1777   | 2.2941  | 1.3619   |

Figura F.30: Médias e desvios padrão das classificações da capacidade de proporcionar entretenimento nas várias estratégias

### F.3.5 Qualidade

Resultados relativos à avaliação de qualidade (Figuras F.29 e F.30).

- Efectivamente pode verificar-se que a qualidade das letras não será a melhor. Ainda assim as letras geradas através das estratégias 3 e 4 chegarem quase a metade da escala (2 pontos).
- Já no que diz respeito a provocar risos e proporcionar o entretenimento as classificações foram melhores, com a excepção da letra gerada através da estratégia 3.

## Apêndice G

### Mais exemplos de letras geradas

Neste apêndice encontram-se mais alguns exemplos de letras geradas pelo **Tra-la-Lyrics**, acompanhadas dos parâmetros de geração mais relevantes.

## Parâmetros de geração:

|   |                                  |
|---|----------------------------------|
| Melodia                                   | Infantil - <i>Papagaio Louro</i> |
| Estratégia                                | 1                                |
| Probabilidade de reutilização de palavras | 20%                              |
| Divisão da música em partes               | [12;12;12;12]                    |

Papagaio louro ou anti-tabaco!

di - tos pes - si - mis - tas di - tos ta - ba - gis - tas

di - tos pes - si - mis - tas di - tos pes - si - mis - tas

cum - prem con - quis - ta - dos fins cul - pa - bi - li - za

fins con - ce - de - ri - a cum - prem u - ti - li - za

Ditos pessimistas ditos tabagistas  
ditos pessimistas ditos pessimistas  
cumprem conquistados fins culpabiliza  
fins concederia cumprem utiliza

Figura G.1: *Papagaio-Louro* ou *Anti-tabaco*.

## Parâmetros de geração:

|   |                                  |
|---|----------------------------------|
| Melodia                                   | Infantil - <i>Papagaio Louro</i> |
| Estratégia                                | 1                                |
| Probabilidade de reutilização de palavras | 80%                              |
| Divisão da música em partes               | [12;12;12;12]                    |

Papagaio louro

*Tra-la-Lyrics - rimas*

to-mem pi-men - tei-ras tem-pos pi-men - tei-ras fle-chas ir-rom - peu ca - fés ga-so-li - nei-ras

ca-fés ins-tru - men - tos ca-fés pi-men - tei-ras ca-fés com-pra - dor com - pra-dor pra-te - lei-ras

tomem pimenteiros tempos pimenteiros flechas irrompeu cafés gasolineiras  
cafés instrumentos cafés pimenteiros cafés comprador comprador prateleiras

Figura G.2: *Papagaio-Louro* ou *Cafés pimenteiros*.



## Parâmetros de geração:

|  |                               |
|--|-------------------------------|
| Melodia                                    | Infantil - <i>O Barquinho</i> |
| Estratégia                                 | 2                             |
| Probabilidade de reutilização de palavras  | 20%                           |
| Divisão da música em partes                | [10;10;10;10;13]              |
| Probabilidade de seleccionar uma conjunção | 80%                           |

## O Barquinho sem mar



Eram um camponês de aterros um amigo fiel alterar  
 uma táctil sem mar se vivia uma loira perante olhar  
 que uma paragem lógica quer despachem as extra após perfeição

Figura G.3: *O Barquinho ...sem mar*

## Parâmetros de geração:

|   |  |
|---|--|
| Melodia                                   | José Afonso - <i>A Formiga no Carreiro</i> |
| Estratégia                                | 3  |
| Probabilidade de reutilização de palavras | 50%  |
| Divisão da música em partes               | [8;8;10;9;9;9;7;10;8]                      |
| Partes musicais por frase                 | 2  |
| Temas                                     | [rumo;cair;mudar;sentido;contrário]        |

## A Formiga no carreiro ou As Portuguesas ficarão

*Tra-la-Lyrics - gramatica*

$\text{♩} = 160$

cai um ba - ta - lhão do - cu - men - tal as in - jus - ti - ças su - ce -  
di - das sob as con - trá - ri - as hos - tis ne - ces - si - ta - rão mu - dar  
um ru - mo am - bi - en - te as con - trá - ri - as a - que - la as con -  
trá - ri - as te - rão as con - trá - ri - as sur - gi - rão ah os es - ta -  
lei - ros for - ne - ce - rão as por - tu - gue - sas fi - ca - rão

Cai um batalhão documental as injustiças sucedidas  
sob as contrárias hostis necessitarão mudar  
um rumo ambiente as contrárias aquela as  
contrárias terão as contrárias surgirão ah os  
estaleiros fornecerão as portuguesas ficarão

Figura G.4: *A Formiga no Carreiro* ou *As portuguesas ficarão*.

## Parâmetros de geração:

|   |                               |
|---|-------------------------------|
| Melodia                                   | Infantil - <i>O Barquinho</i> |
| Estratégia                                | 3                             |
| Probabilidade de reutilização de palavras | 30%                           |
| Divisão da música em partes               | [10;10;10;10;23]              |
| Partes musicais por frase                 | 2                             |
| Temas                                     | [sentir;amor;amar;rosa]       |

## O Barquinho ou A rosa e o alemão

*Tra-la-Lyrics - gramatica*

u - ma ro - sa sen - tiu a sec - ção sen - tiu a - li um a - ma - do car -vão  
a - me es - ses a - mo - res se - da - dos sen - tem sen - tin - do o a - le - mão  
a - ler - ta a - mor a - man - te bas - tan - te sin - ta ja - mais sen - tí - rá tal be - tão

|   |
|---|
| <p>Uma rosa sentiu a secção sentiu ali um amado carvão<br/> ame esses amores sedados sentem sentindo o alemão<br/> alerta amor amante bastante sinte jamais sentirá tal betão</p> |
|---|

Figura G.5: *O Barquinho ou A rosa e o alemão*

## Parâmetros de geração:

|   |  |
|---|--|
| Melodia                                   | The Animals - <i>House of the Rising Sun</i> |
| Estratégia                                | 3  |
| Probabilidade de reutilização de palavras | 50%  |
| Divisão da música em partes               | [14;15;18;13]                                |
| Partes musicais por frase                 | 2  |
| Temas                                     | [saudade;viajar;chorar;deixar;fugir]         |

## House of the Rising Sun ou Leis para validar

*Tra-la-Lyrics - gramatica*

$\text{♩} = 115$

um sol fu - giu a - que - les reis dei - xam - es -  
tes - fi - lões - dei - xa - rão - mi - lhão sau -  
da - des - lan - çar mi - lhões leis pa - ra va - li - dar

|  |
|--|
| <p>Um sol fugiu aqueles reis deixam<br/> estes filões deixarão milhão<br/> saudades lançar milhões leis para validar</p> |
|--|

Figura G.6: *House of the Rising Sun* ou *Leis para validar*

**Parâmetros de geração:**

|   |  |
|---|--|
| Melodia                                   | Cantiga de bebedores - <i>Ora venha vinha para os nossos copos</i> |
| Estratégia                                | 3  |
| Probabilidade de reutilização de palavras | 20%  |
| Divisão da música em partes               | [12;11;11;15]  |
| Partes musicais por frase                 | 1  |
| Temas                                     | [comer;beber;dormir]   |

Ora venha vinho para os nossos copos ou Comida, reinvenção par

*Tra-la-Lyrics - gramatica*

um co - mer es - ta - bi - li - za - - rá sim a co -  
mi - da re - in - ven - ção par i - lu - - mi - na uns co - mu - ni -  
ca - dos con - ven - ci - o - nou me um an - fi - tri - ão vai

Um comer estabilizará sim a  
comida reinvenção par ilumina uns comunicados  
convencionou me um anfitrião vai

Figura G.7: *Ora venha vinho para os nossos copos ou Comida, invenção par*

## Parâmetros de geração:

|   |   |
|---|---|
| Melodia                                   | Andrew Lloyd Webber - <i>The Phantom of the Opera</i> |
| Estratégia                                | 3   |
| Probabilidade de reutilização de palavras | 50%   |
| Divisão da música em partes               | [12;12;12;12;5]                                       |
| Partes musicais por frase                 | 2   |

## Phantom of the Opera ou 40 Naus

*Tra-la-Lyrics - gramática*

$\text{♩} = 120$

a pos - ta ran - ça u - - - ma rus - sa sois

a u - ma do - se mon - - - tam em a flor

se mon - tam e - - las mil - - mo - ra - das sois

mi - - lha - - - res de - ci - sões a cer - ti - - dão

qua - ren - - ta naus

|  |
|--|
| <p>A posta rança uma russa sois<br/> a uma dose montam em a flor<br/> se montam elas mil moradas sois<br/> milhares decisões a certidão<br/> quarenta naus</p> |
|--|

Figura G.8: *Phantom of the Opera* ou *Quarenta Naus*

## Parâmetros de geração:

|   |   |
|---|---|
| Melodia                                   | Bob Marley - <i>No Woman No Cry</i>       |
| Estratégia                                | 3   |
| Probabilidade de reutilização de palavras | 20%                                       |
| Divisão da música em partes               | [9;8;8;10;5;16;15;29;22;16;13;8;8;13;8;5] |
| Partes musicais por frase                 | 1   |
| Temas                                     | [chorar;mulher;relembrar;dizer]           |

## No Woman No Cry ou Choram de rir

Tra-la-Lyrics - gramatica

$\text{♩} = 100$

cho - ra - ram de rir - as mu - lhe - res dão -  
di - zi - am a ver diz cho - rar por lhes - - são crer  
vós cho - reis dis - se con - tra crer mas diz - de tal mu - lher tais as - si -  
na - dos - põem mil es - ta - lei - ros vão di - zer tal mu - lher lí - der ti - ver po - rão -  
por um di - zer di - zem tais mu - lhe - res mais en - tão al - go -  
cho - ram cin - quen - ta mo - ças - de re - lem - brar os di - zi - am nós a - mu - - lher  
dis - ses - se uns fins - mi - lha - res a - nos -  
di - tos cho - ra - vam re - lem - bran - do - se - não diz bem se - tal rei

choraram de rir as mulheres dão  
diziam a ver diz chorar por lhes são crer  
vós choreis disse contra crer mas diz de tal mulher tais assinados  
põem mil estaleiros vão dizer tal mulher líder tiver porão  
por um dizer dizem tais mulheres mais então algo  
choram cinquenta moças de lembrar os diziam nós a mulher  
dissesse uns fins milhares anos  
ditos choravam lembrando senão diz bem se tal rei

Figura G.9: *No Woman No Cry* ou *Choram de rir*

## Parâmetros de geração:

|                                    |   |
|------------------------------------|---|
| Melodia                            | Pearl Jam - <i>Last Kiss</i>  |
| Estratégia                         | 4   |
| Divisão da música em partes        | [17;13;14;19]   |
| Número de gerações para cada frase | 300   |
| Pontuação aceitável                | 5   |
| Penalizações                       | tamanho a mais=5; tamanho a menos=3; átona em tempo forte=5; tônica em tempo fraco=0; falta de rima=3; corte por pausa=4; |

## Last Kiss ou Ostentação

Tra-la-Lyrics - GT

$\text{♩} = 120$

va - lem li - - gar pra os - ten - - tar pre - gar -

seis vi - - as qui - - se - - ram um solar - -

ou - ve es - te bor - del por es - te ven - tre - tal pos - to meu en - tre te a - li -

men - - - ta - - res - -

Valem ligar pra ostentar pregar  
 seis vias quiseram um solar  
 ouve este bordel por este ventre tal posto meu entre te  
 alimentares

Figura G.10: *Last Kiss* ou *Ostentação*