

ALTERNÂNCIA VOCÁLICA DAS FORMAS VERBAIS E NOMINAIS DO PORTUGUÊS BRASILEIRO PARA APLICAÇÃO EM CONVERSÃO TEXTO-FALA

Izabel C. Seara, Sandra G. Kafka, Simone Klein e Rui Seara

Resumo - Este artigo investiga novas estratégias para tratamento da alternância vocálica no português falado no Brasil para aplicação em sistemas de conversão texto-fala. Temos buscado resolver esse problema, baseando-nos em uma adequada identificação das classes gramaticais, tais como verbos e nomes. São discutidas as diferentes fases necessárias à concepção de um *parser* morfossintático, bem como as principais técnicas para geração da alternância vocálica em situações gerais e em outras bastante restritas. Os resultados dos testes mostraram que as regras de alternância dos sons vocálicos, propostas neste artigo, resolvem a maior parte dos problemas concernentes às diferenças entre nomes e verbos.

Palavras-Chave: alternância vocálica, conversão texto-fala, *parser* morfossintático.

Abstract - This paper investigates new strategies to deal with the alternation in vowel quality of the Portuguese spoken in Brazil for application in text-to-speech systems. Based on an adequate identification of the grammatical classes, such as verbs and nouns, we have sought to solve such a problem. A general insight of the different phases needed to conceive a morphosyntactic parser as well as the main techniques for generating vowel alternation, in both general and restricted cases, are discussed. Test results showed that the vowel sound alternation rules proposed in this paper solve most problems concerning the differences between verbs and nouns.

Keywords: alternation in vowel quality, text-to-speech, morphosyntactic parser.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente existem diversos sistemas de conversão texto-fala para o português falado no Brasil (doravante PB) [1-6]. As técnicas utilizadas nos diferentes estágios desses sistemas são muitas vezes distintas, mas seu objetivo final é a pronúncia correta da representação do texto de entrada com a máxima inteligibilidade e naturalidade na fala sintetizada. No entanto, um problema ainda não totalmente resolvido para o PB [1-4], no que concerne à pronúncia correta, é a alternância vocálica das formas verbais e nominais.

Esta alternância se deve à existência de duas transcrições para as vogais *e* e *o* não acentuadas graficamente no interior

de palavras, podendo ser abertas (é, ó) ou fechadas (ê, ô). As regras ortográfico-fonéticas, elaboradas para o conversor texto-fala por nós desenvolvido, resolveram a maior parte dos problemas de abertura e fechamento vocálicos. Porém, restaram ainda as formas homógrafas não homófonas (mesma grafia com pronúncia diferenciada) cuja distinção entre verbos e nomes se apóia na abertura e fechamento da vogal. Por exemplo, em: *Eu olho para o problema com olho clínico* (formas homógrafas não homófonas), a primeira vogal *o* da forma verbal *olho* é aberta [o], enquanto, na forma nominal, essa mesma vogal é fechada [o].

Além das homófonas, ainda temos problemas de abertura vocálica na 1ª, 2ª e 3ª pessoas do singular e 3ª do plural em algumas conjugações verbais, para as quais as regras ortográfico-fonéticas não são satisfatórias, gerando vogais abertas quando deveriam ser fechadas e *vice-versa*. A frase: *Meta-se com uma grande equipe e acerte a meta*, ilustra esses problemas.

Assim, neste artigo, propõe-se a elaboração de uma etapa dentro do processamento lingüístico, visando resolver os supramencionados problemas de alternância vocálica. Como a classificação morfossintática foi elaborada através de diferentes etapas, cada uma tentando classificar itens lexicais que apresentavam comportamentos semelhantes (classes fechadas e classes abertas, por exemplo), a etapa de alternância vocálica ocupa a última posição nos níveis de classificação morfossintática, já que depende essencialmente de uma correta classificação de verbos e nomes.

A Seção 2 apresenta a descrição do sistema vocálico segundo seus traços fonológicos, juntamente com as regras fonológicas necessárias à alternância vocálica. A Seção 3 mostra as diferentes etapas do processamento lingüístico em um sistema de conversão texto-fala. Na Seção 4, apresentam-se os diferentes estágios de um *parser* morfossintático elaborado para a realização de uma classificação gramatical consistente, principalmente de verbos e nomes. A Seção 5 descreve as regras para a geração da alternância vocálica usando a classificação dos radicais verbais, rotulados segundo seus diferentes esquemas casuais. Na Seção 6, apresentam-se alguns dos resultados obtidos com a implementação das regras propostas nas Seções 4 e 5. Finalmente, na Seção 7, são apresentadas as conclusões deste trabalho.

2. FORMALIZAÇÃO LINGÜÍSTICA DO SISTEMA VOCÁLICO DO PORTUGUÊS FALADO NO BRASIL

Os sistemas lingüísticos são formalizados através da organização dos sons da língua segundo sua estrutura e funcionamento, sendo essa sistematização objeto de estudo da fonologia. Esses sistemas lingüísticos também podem ser

Izabel C. Seara, Sandra G. Kafka, Simone Klein e Rui Seara estão atuando no LINSE – Laboratório de Circuitos e Processamento de Sinais, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Santa Catarina. E-mails: {izabels, kafka, klein, seara}@linse.ufsc.br.

Editores responsáveis: Antonio Sérgio Bezerra Sombra, Ricardo Menezes Campello de Souza e Max Gerken. Data de recebimento: 31/Dez/2001; data da revisão: 15/Mar/2002; data de aceitação: 08/Abr/2002.

formalizados pelo estudo dos sons da fala do ponto de vista articulatório (articulação e produção dos sons da fala pelo aparelho fonador), acústico (propriedades físicas da produção e propagação dos sons) e perceptual (percepção dos sons), objeto de estudo da fonética.

Com o objetivo de tentar estabelecer relações entre o nível fonético e o fonológico, descrevendo e analisando como as línguas organizam os sons da fala, surgem as diferentes teorias fonológicas [7]. Conforme essas teorias, os sistemas vocálicos podem ser descritos segundo uma combinação de traços distintivos. Assim, as vogais em posição tônica no PB podem ser descritas pelos seguintes traços [8]:

Vogais	Não-Arredondada	Arredondada
Alta	/i/	/u/
Média Alta	/e/	/o/
Média Baixa	/ɛ/	/ɔ/
Baixa	/a/	
	Anterior	Central Posterior

Figura 1. Quadro dos traços fonológicos das vogais orais do PB.

A partir destes traços, podemos dizer, por exemplo, que a vogal *i* (/i/) pode ser descrita como uma vogal alta, anterior, não arredondada, diferenciando-se da vogal *u* (/u/) que é posterior e arredondada. Assim, quando falamos em vogais altas, estamos nos referindo às vogais *i* e *u*, já que possuem o traço [+alto]. Quanto à vogal *a* (/a/), diferencia-se dessas duas anteriores por ser uma vogal baixa central.

Com estes traços, podemos perceber, de forma mais clara, as regras fonológicas das formas verbais do PB que levam ou não à alternância vocálica.

No português falado no Brasil, a alternância vocálica afeta as formas verbais, cujos radicais possuem vogal média alta /e, o/ ou média baixa /ɛ, ɔ/. Segundo seus traços fonológicos, as vogais médias altas /e, o/ são caracterizadas pelos traços [-alto] e [-baixo] e as médias baixas /ɛ, ɔ/ pelos traços [-alto] e [+baixo] (ver Fig. 1).

Pode-se ver então que as vogais /ɛ, ɔ/ são mais baixas (razão do traço [+baixo]) do que as vogais /e, o/ (razão do traço [-baixo]), diferenciando-se as vogais médias altas das médias baixas pelo traço [±baixo]. Já, as vogais médias /e, ɛ, o, ɔ/ são menos altas (razão do traço [-alto]) do que as vogais altas /i, u/ (razão do traço [+alto]), sendo o traço [±alto] o elemento diferenciador entre vogais médias e altas.

De acordo com [7,9], um caso restrito de alternância vocálica é a harmonia verbal que se processa em verbos de vogal temática² *-e* e *-i* (2ª e 3ª conjugações, respectivamente) e estabelece que a última vogal do radical (exceto /a/) se harmoniza em altura com a vogal temática do verbo em questão. Dessa forma, seriam harmônicas a

1ª pessoa do singular do Presente do Indicativo e todas as pessoas do Presente do Subjuntivo.

$$[\text{sent-i}] + \text{o} \rightarrow [\text{sint+o}] \rightarrow [\text{sinto}] \quad (1)$$

Em (1), há uma harmonização dos traços da vogal do radical do verbo orientada pela vogal temática, pois a vogal temática de *sentir* [i]³ tem o traço fonológico [+alto] e a vogal do radical [e] em [sent-] tem o traço [-alto]. Assim, a vogal do radical passa de [-alta] a [+alta]⁴.

O problema para a conversão texto-fala ocorre, no entanto, em formas verbais para as quais a regra de harmonia vocálica não se aplica, isto é, em todas as pessoas do Presente do Indicativo e do Subjuntivo dos verbos de 1ª conjugação e na 2ª e 3ª pessoas do singular e 3ª do plural desses mesmos tempos verbais para os verbos da 2ª e 3ª conjugações. Para essas formas, é aplicada a regra de abaixamento vocálico, que só se processa em vogais com o traço [+acento] se a regra de harmonização vocálica não for aplicada. Por exemplo, em:

$$(\text{Tu}) [\text{beb+e}] + \text{s}, \quad (2)$$

a vogal do radical tem a mesma altura da vogal temática, ou seja, é [-alta], não se aplicando a regra de harmonização vocálica. Por conseguinte, as regras de acento e de abaixamento se aplicam.

A regra de acento preceitua que a vogal de um radical verbal recebe o traço [+acento] quando está diante de consoante seguida de vogal e de outra consoante (síllaba tipo CVC) ou consoante seguida de vogal em final de palavra (CV#). Pela regra de acento, em:

$$(\text{Tu}) [\text{beb+e}] + \text{s}_{\text{verbo}}, \quad (3)$$

temos ['beb+e]+s]⁵, isto é, a primeira vogal do radical verbal transforma-se na tônica, ou seja, apresenta o traço [+acento], já que é seguida por uma síllaba tipo CVC.

A regra de abaixamento estabelece que uma vogal com os traços [-alto] e [+acento] se torna [+baixa]. Essa regra, aplicada depois da regra de acento, leva ['beb+e]+s] a ['beb+e]+s], ou seja, a vogal acentuada média alta [e] passa a vogal média baixa [ɛ]⁶.

A resolução deste problema depende de uma classificação morfossintática bem elaborada. Assim, neste artigo, apresentaremos regras de alternância vocálica que estão inseridas no módulo de classificação gramatical (parser morfossintático). A correta representação da alternância vocálica dependerá de mecanismos de classificação gramatical suficientemente robustos para uma boa identificação de duas classes gramaticais, verbo e nome, necessária às regras de alternância vocálica.

³ Vogal temática [i] corresponde à 3ª conjugação.

⁴ Para uma melhor observação da mudança de traços fonológicos da vogal do radical, veja a descrição das vogais do português falado no Brasil, apresentada na Fig. 1.

⁵ O diacrítico ' é uma notação fonológica e indica que a síllaba posterior ao diacrítico é a tônica.

⁶ Esta problematização foi um pouco sintetizada sendo colocada em uma linguagem mais acessível a não linguistas, como é o caso da maior parte dos interessados em sistemas de conversão texto-fala.

¹ Os símbolos /e, o/ correspondem a (ê, ô) e, /ɛ, ɔ/ correspondem a (é, ó).

² Vogal que determina a que conjugação pertence o verbo.

3. PROCESSAMENTO LINGÜÍSTICO EM UM SISTEMA DE CONVERSÃO TEXTO-FALA

Em sistemas de conversão texto-fala [1-6,10-13], as etapas concernentes ao processamento lingüístico são bastante importantes na etapa de síntese da fala. Para se ter uma idéia das etapas constituintes de um sistema de conversão texto-fala, elaboramos o diagrama da Fig. 2.

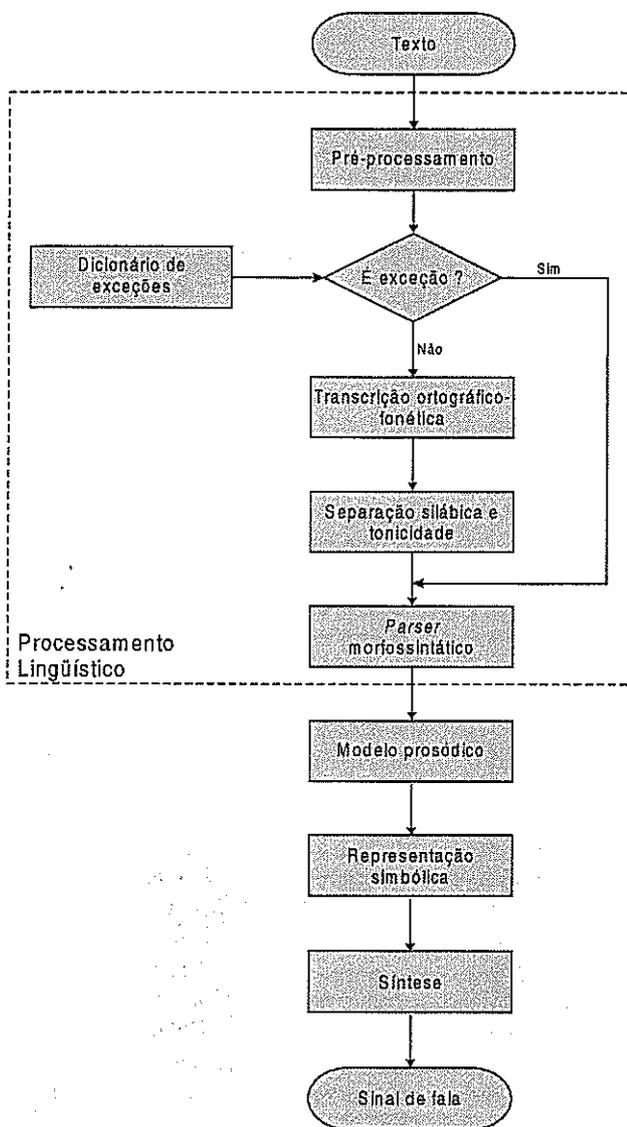


Figura 2. Diagrama das etapas do processo de conversão texto-fala.

Neste diagrama, percebe-se que a parte lingüística tem um peso bastante grande em todo o sistema, orientando inclusive a etapa de modelagem prosódica. Esta dependerá basicamente das informações lingüísticas das etapas anteriores para modificação de seus parâmetros prosódicos, ou seja, duração, intensidade e frequência fundamental.

Pela Fig. 2, vê-se o Processamento Lingüístico iniciado com a etapa de Pré-processamento que, dentre outras tarefas, expande números e abreviaturas mais comuns.

A segunda etapa constitui-se do dicionário de exceções que comporta palavras que apresentam algum problema de

transcrição; palavras estrangeiras incorporadas à língua portuguesa; radicais e desinências verbais.

A transcrição ortográfico-fonética compreende a terceira fase deste processamento. Nela, são codificados os sons referentes às palavras convertidas, apresentando as regras gerais de conversão grafema (unidade de um sistema de escrita que, na escrita alfabética, corresponde às letras) para fonema (unidade sonora da fala) [14]. A etapa seguinte concerne à separação silábica e identificação da sílaba tônica de cada palavra.

O processamento lingüístico é finalizado pela etapa de classificação morfosintática. Nessa etapa, as palavras são automaticamente etiquetadas por suas respectivas classes morfológicas e, quando necessário, recebem o ajuste de abertura ou fechamento vocálico restritivo aos itens lexicais que podem ser tanto formas verbais quanto nominais.

Assim, observa-se que os estágios necessários à geração de regras para a alternância vocálica estão inseridos na etapa do *parser* morfosintático.

4. CLASSIFICAÇÃO GRAMATICAL

O *parser* morfosintático elaborado para um conversor texto-fala opera em cinco estágios:

i) inserção de palavras pertencentes a classes gramaticais fechadas em uma biblioteca com um trabalho manual de etiquetagem de classes gramaticais, radicais e desinências verbais;

ii) geração de regras para desambigüização dos itens lexicais que possuem mais de uma classe gramatical;

iii) comparação dos itens lexicais ainda não classificados com os radicais e desinências inseridas nas bibliotecas do primeiro estágio;

iv) geração de regras para classificação gramatical dos itens lexicais pertencentes a uma biblioteca, chamada TIPONOMEVER, que comporta os itens classificados no terceiro estágio como verbo [VER], mas que podem ser tanto nome [NOME] quanto verbo [VER];

v) geração de regras de alternância vocálica.

No primeiro estágio, são colocados em uma biblioteca os itens lexicais pertencentes às classes gramaticais fechadas, isto é, aquelas que apresentam um número bastante limitado de elementos, tais como artigos, pronomes, preposições, conjunções e os advérbios mais freqüentes, com suas respectivas classificações.

Neste estágio, alguns dos itens lexicais são etiquetados com várias classes. Isso ocorre, por exemplo, com *a*, já que ele pode ser artigo (ART):

a menina; (4.a)

pronome demonstrativo (DEM):
Essa boneca é bonita, mas a que eu te dei é mais; (4.b)

pronome oblíquo átono (OBA):
Aquela boneca, comprei-a para minha filha; (4.c)

e preposição (PREP):
Ele o pagou em prestações a perder de vista. (4.d)

Neste mesmo estágio, em uma outra biblioteca, são etiquetados as desinências e os radicais verbais, juntamente com o código correspondente ao tipo de alternância requerido (abertura para o verbo e fechamento para o nome

ou *vice-versa*), levando em conta também a que conjugação pertence o radical, conforme (5).

Govern- (Código 5) [Primeira conjugação] (5)
 [fecha no nome, abre no verbo]

No segundo estágio, é feita a “desambigüização” dos itens lexicais que receberam, no primeiro estágio, mais de uma classe gramatical, como o *a* anteriormente classificado, que foi etiquetado com quatro classes gramaticais (ART, DEM, OBA e PREP).

Neste segundo estágio, formulam-se, então, regras que possibilitam uma única classificação. Para o caso dos exemplos (4.b) e (4.c) apresentados anteriormente, têm-se:

Exemplo (4.b)⁷

SE (([i] ∈ C1) E ([i+1] ∈ D2)) ⇒ [i] = DEM

Exemplo (4.c)⁸

SE (([i] ∈ C1) E ([i-1] = VER) E ([i+1] = PREP)) ⇒ [i] = OBA

No terceiro estágio, os itens lexicais ainda não classificados são comparados aos radicais e desinências inseridos nas bibliotecas do primeiro estágio. Se esses itens correspondem perfeitamente à estrutura [RAD+DESGERAL]⁹, são classificados como verbo [VER], se correspondem à estrutura [RAD+DESNOMINAL]¹⁰, são classificados como forma verbo-nominal [VERN]¹¹. Ao contrário, se não comportarem estas estruturas, são classificados como nome [NOME].

No quarto estágio, são geradas regras para a classificação dos itens lexicais que, no terceiro estágio, foram etiquetados como verbo [VER] e que pertencem à biblioteca TIPONOMEVER. Assim, baseando-se na classificação inserida nos dois primeiros estágios, é elaborado um diagrama de estados que inicia sua classificação a partir das classificações anteriores. Desta forma, tem-se:

- O acordo foi fechado. (6a)
- Eu acordo cedo. (6b)
- Eu, acordo, não faço não. (6c)
- Eu almoço em casa. (6d)

O diagrama de estados apresentado na Fig. 3 cobre todos os estados necessários à classificação das palavras dos exemplos (6a), (6b), (6c) e (6d).

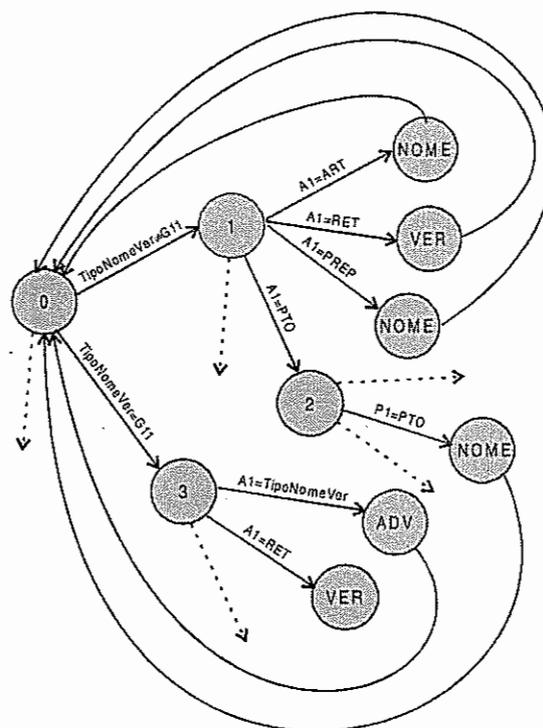


Figura 3. Diagrama de estados para classificação morfosintática dos itens lexicais do exemplo (6)¹².

No exemplo (6a), ocorre a pré-classificação de *o* como artigo [ART]; *foi* como verbo [VER]; *fechado* como forma verbo-nominal [VERN], faltando apenas a classificação da palavra *acordo*. Como *acordo* não pertence ao grupo G11, o diagrama aponta para o estado 1. Nesse estado, observa-se que o item anterior à palavra *acordo* foi pré-classificado como artigo [ART], assim *acordo* é classificado como [NOME] e o diagrama volta ao estado 0.

No exemplo (6b), ocorre a pré-classificação de *eu* como pronome do caso reto [RET], faltando ainda a classificação das palavras *acordo* e *cedo*. Como *acordo* não pertence ao grupo G11, o diagrama remete ao estado 1. Nesse ponto, tem-se o item anterior à palavra *acordo* classificado como pronome pessoal do caso reto [RET], fazendo com que *acordo* seja classificado como verbo [VER], retornando ao estado 0. Prosseguindo a classificação, temos *cedo* pertencente ao grupo G11, fazendo com que o diagrama parta do estado 0 para o estado 3 e, sendo o item lexical anterior a *cedo* pertencente à biblioteca TIPONOMEVER, o diagrama classifica o item *cedo* como advérbio [ADV], retornando ao estado 0.

No exemplo (6c), acontece a pré-classificação de *eu* como pronome pessoal do caso reto [RET], de *não* como advérbio [ADV], de *faço* como verbo [VER]¹³, faltando

⁷ C1=grupo constituído pelos artigos definidos; [i]=item lexical-alvo; [i+1]=item lexical posterior; D2=grupo constituído pelo pronome relativo *que*; DEM=grupo constituído pelos itens lexicais classificados como pronome demonstrativo.

⁸ [i-1]=item lexical anterior; VER=grupo constituído pelos itens lexicais classificados como verbo; PREP=grupo constituído pelos itens lexicais classificados como preposição; OBA=grupo constituído pelos itens lexicais classificados como pronome oblíquo átono.

⁹ RAD=radical verbal; DESGERAL=desinências verbais, exceto as desinências nominais.

¹⁰ DESNOMINAL=desinências nominais dos verbos no particípio regular, gerúndio e infinitivo impessoal.

¹¹ VERN=forma nominal do verbo.

¹² TIPONOMEVER=biblioteca constituída por itens lexicais que podem ser tanto verbo [VER] quanto outra classe qualquer, como, por exemplo, *casa* e *cedo*; G11=itens lexicais que podem ser tanto advérbio [ADV] quanto verbo [VER]; A1=item lexical anterior; P1=item lexical posterior; PTO=marcas de pontuação (ponto final, vírgula, ponto e vírgula, dois pontos, exclamação ou interrogação, travessão).

¹³ Como este item lexical apresenta radical e desinência, será classificado exclusivamente como verbo, pois, diferentemente de *casa* que tanto pode ser verbo quanto nome, ele não fará parte do dicionário TIPONOMEVER.

apenas a classificação de *acordo*. Como *acordo* não pertence a G11 e seus itens lexicais anterior e posterior são marcas de pontuação (vírgulas), o diagrama remete ao estado 2 e classifica *acordo* como [NOME], retornando ao estado 0.

No exemplo (6d), temos a pré-classificação de *eu* como pronome pessoal do caso reto [RET], de *em* como preposição [PREP], faltando-nos ainda classificar os itens *almoço* e *casa*. Como *almoço* não pertence ao grupo G11 e é antecedido por um item lexical classificado como [RET], o diagrama remete ao estado 1 e classifica *almoço* como verbo [VER], retornando, em seguida, ao estado 0. Como *casa* também não pertence ao grupo G11 e o item anterior foi pré-classificado como preposição [PREP], o diagrama remete ao estado 1 e classifica *casa* como [NOME], retornando ao estado 0.

O quinto estágio é o foco deste trabalho e depende basicamente de uma classificação consistente de verbos e nomes no quarto estágio. Para o quinto estágio, foi elaborada uma divisão dos radicais necessários à identificação das formas verbais em 9 casos.

5. GERAÇÃO DE REGRAS PARA A ALTERNÂNCIA VOCÁLICA

Somente passarão pelo quarto estágio, o de geração de regras para a alternância vocálica, e receberão a nova classificação os radicais cujas vogais são afetadas pela alternância vocálica. Esses radicais foram etiquetados manualmente em 9 casos, uma vez que a alternância vocálica se dá, como veremos abaixo, de maneira diferenciada.

As regras de transcrição ortográfico-fonética resolveram grande parte dos problemas de abertura e fechamento vocálico. Porém, trouxeram alguns problemas para os itens lexicais ambíguos quanto à sua classificação gramatical, mais precisamente para aqueles que podiam ser verbos ou nomes, (*Eu almoço* e *O almoço*) e também para algumas desinências e radicais verbais. Por exemplo, na forma verbal *termos* (1ª pessoa do plural do Infinitivo Pessoal), a fala sintetizada especificava a primeira vogal da desinência verbal como [+baixa] [ɛ], ao invés de especificá-la como [-baixa] [e]. Assim, esses casos também seriam candidatos potenciais para o estágio de alternância vocálica.

Esquemas de classificação prévia dos radicais:

CASO 1 – radicais de verbos da 1ª conjugação que podem ser classificados ora como nome ora como verbo e cuja vogal do radical deve ser aberta, traço [+baixo], para a 1ª, 2ª e 3ª pessoas do singular e 3ª do plural do Presente do Indicativo (7a), do Presente do Subjuntivo (7b) e do Imperativo. Sendo, nos nomes (NOME) (7c), mantida a transcrição apresentada pelas regras ortográfico-fonéticas.

Ex.: *Eu almoço.* (ó) (7a)
Que ele almoce. (ó) (7b)
O almoço. (ó) (7c)

CASO 2 – radicais de verbos da 2ª conjugação cuja vogal do radical é fechada, ou seja, tem o traço [-baixo] na 1ª pessoa do Presente do Indicativo e em todas as pessoas

do Presente do Subjuntivo (8a) e do Imperativo (8b) e é aberta, traço [+baixo], para a 2ª e 3ª pessoas do singular e 3ª do plural dos verbos do Presente do Indicativo (8c).

Ex.: *Que eu beba.* (ê) (8a)
No verão, beba muito líquido. (ê) (8b)
Ele bebe. (é) (8c)

CASO 3 – radicais de verbos da 3ª conjugação cuja vogal do radical é aberta, ou seja, tem o traço [+baixo], somente para a 2ª e 3ª pessoas do singular (9a) e 3ª do plural (9b) dos verbos do Presente do Indicativo.

Ex.: *Tu dormes.* (ó) (9a)
Eles dormem. (ó) (9b)

CASO 4 – formas verbais cuja alteração vocálica ocorre na desinência verbal¹⁴, ou seja, a primeira vogal da desinência é aberta, traço [+baixo], e as regras de transcrição ortográfico-fonética não resolveram essa alteração.

Ex.: *Se eu tiver um livro.* (é) (10a)
Eles tiveram de sair cedo. (é) (10b)

CASO 5 – radicais de verbos da 1ª conjugação que podem ser classificados ora como nome ora como verbo e cuja vogal do radical é fechada, ou seja, tem o traço [-baixo] para os nomes (11a) e é aberta, traço [+baixo], para a 1ª, 2ª e 3ª pessoas do singular e 3ª do plural do Presente do Indicativo (11b) e do Presente do Subjuntivo (11c).

Ex.: *O governo.* (ê) (11a)
Eu governo. (é) (11b)
Que ele governe. (é) (11c)

CASO 6 – radicais verbais cuja vogal deve ser sempre fechada, ou seja, ter o traço [-baixo].

Ex.: *Tu chegas sempre na mesma hora.* (ê) (12)

CASO 7 – a alteração vocálica ocorre na desinência verbal, sendo a vogal da desinência fechada, ou seja, tem o traço [-baixo], para o verbo (13a) e é aberta, traço [+baixo], para os nomes (13b).

Ex.: *Eu vou colher uma flor.* (ê) (13a)
A colher de pau. (é) (13b)

CASO 8 – formas verbais cuja alteração vocálica ocorre na desinência verbal, ou seja, a primeira vogal da desinência é fechada, traço [-baixo] e as regras de transcrição ortográfico-fonética não resolveram essa alteração. Isso ocorre nas 2ª e 3ª pessoas do singular e 1ª e 3ª do plural dos verbos no Pretérito Perfeito e Mais-que-Perfeito do Indicativo; no Pretérito Imperfeito (14) e Futuro do Subjuntivo e no Infinitivo Pessoal.

Ex.: *Se eles abatessem o pássaro, eu choraria.* (ê) (14)

¹⁴ Para facilitar a concepção dos dicionários de radicais e desinências, incluímos a vogal temática na desinência verbal.

CASO 9 – radicais de verbos da 2ª conjugação cuja vogal do radical é fechada, ou seja, tem o traço [-baixo] na 1ª pessoa do Presente do Indicativo e em todas as pessoas do Presente do Subjuntivo e do Imperativo (15a) e é aberta, traço [+baixo], para a 2ª e 3ª pessoas do singular e 3ª do plural dos verbos do Presente do Indicativo (15b) e para os nomes (15c).

- Ex.: *Meta-se com seus pares.* (ê) (15a)
Ele mete os pés na porta. (é) (15b)
A meta é escrever. (é) (15c)

A partir da classificação de formas nominais e verbais nos 9 casos anteriormente elencados, criou-se um bloco para as regras de alteração vocálica de radicais e desinências. Esse bloco levará em consideração, para a elaboração de suas regras, o código de alternância (CASOS) e a desinência verbal. Nos casos 1, 2, 3, 4, 6 e 8, as regras só foram válidas para as palavras classificadas como verbos (VER), nos demais casos, foram feitas regras dependentes da classificação verbo (VER) ou nome (NOME).

A seguir, apresentaremos algumas das regras elaboradas para a alteração vocálica¹⁵:

Para o CASO 1:

- 1) SE (([i]=VER) E (CASO=1) E ([DESA]=o)) ⇒ [RAD-1]=[+baixo] (ver (7a)).

Para o CASO 2:

- 1) SE (([i]=VER) E (CASO=2) E ([DESA]=a)) ⇒ [RAD-1]=[-baixo] (ver (8a)).
 2) SE (([i]=VER) E (CASO=2) E ([DESA]=e)) ⇒ [RAD-1]=[+baixo] (ver (8c)).

Para o CASO 3:

- 1) SE (([i]=VER) E (CASO=3) E ([DESA]=es)) ⇒ [RAD-1]=[+baixo] (ver (9a)).

Para o CASO 4:

- 1) SE (([i]=VER) E (CASO=4) E ([DESA]=er)) ⇒ [DES-1]=[+baixo] (ver (10a)).

Para o CASO 5:

- 1) SE (([i]=NOME) E (CASO=5) E ([DESA]=o)) ⇒ [DES-1]=[-baixo] (ver (11a)).
 2) SE (([i]=VER) E (CASO=5) E ([DESA]=o)) ⇒ [DES-1]=[+baixo] (ver (11b)).

Para o CASO 6:

- 1) SE (([i]=VER) E (CASO=6) E ([DESA]=as)) ⇒ [RAD-1]=[-baixo] (ver (12)).

Para o CASO 7:

- 1) SE (([i]=VER) E (CASO=7) E ([DESA]=er)) ⇒ [DES-1]=[-baixo] (ver (13a)).
 2) SE (([i]=NOME) E (CASO=7) E ([DESA]=er)) ⇒ [DES-1]=[+baixo] (ver (13b)).

Para o CASO 8:

- 1) SE (([i]=VER) E (CASO=8) E ([DESA]=essem)) ⇒ [RAD-1]=[-baixo] (ver (14)).

Para o CASO 9:

- 1) SE (([i]=VER) E (CASO=9) E ([DESA]=a)) ⇒ [RAD-1]=[-baixo] (ver (15a)).
 2) SE (([i]=VER) E (CASO=9) E ([DESA]=e)) ⇒ [RAD-1]=[+baixo] (ver (15b)).
 3) SE (([i]=NOME) E (CASO=9) E ([DESA]=a)) ⇒ [RAD-1]=[+baixo] (ver (15c)).

6. RESULTADOS

A partir da implementação das regras apresentadas na Seção 5, foram feitos testes exaustivos, buscando observar o maior número possível de palavras que pudessem apresentar problemas de alternância vocálica. Através de um *software* de procura automática, obtivemos um *corpus* de frases contendo diversos exemplos de itens lexicais concernentes às regras de alternância apresentadas nos CASOS 1 a 9.

O *software* de busca automática trazia exemplos passíveis de aplicação das regras de alternância vocálica, conforme palavras em negrito nos exemplos abaixo:

Cerca de 10 pessoas estavam na agência, que não possui porta giratória e nem detector de metais. (16)

De acordo com o registro no Centro de Operações da Polícia Militar (Copom), foram roubados cerca de R\$ 15 mil e duas armas dos vigias. (17)

Nestes testes, obteve-se êxito na pronúncia da fala sintetizada para praticamente todos os itens testados. A maior parte dos erros de classificação eram referentes à desambigüização de classes. A taxa de acerto nesse caso ficou em torno de 98,9%.

As regras aqui exibidas, além de resolverem problemas do tipo: Quero que ele **corte** a carne com o **corte** que a **corte** recomendar, no qual o verbo (ele **corte**) e o substantivo masculino (o **corte**) possuem a vogal de seus radicais aberta (traço [+baixo]) e o substantivo feminino (a **corte**) possui essa mesma vogal fechada (traço [-baixo]), levaram à diminuição do número de itens inseridos no dicionário de exceções.

7. CONCLUSÕES

Com as regras propostas neste artigo, resolvemos grande parte dos problemas relacionados à abertura e fechamento vocálicos das formas nominais e verbais. Algumas dessas regras funcionam para casos bastante restritos, mas foram necessárias para uma correta pronúncia da representação do texto de entrada.

¹⁵ DESA=Formas desinenciais utilizadas na alternância vocálica; NOME=Grupo constituído pelos itens lexicais classificados como nomes; [RAD-1]=Última vogal do radical; [DES-1]=Primeira vogal da desinência; [+baixo]=Vogal será aberta, ou seja, terá o traço [+baixo]; [-baixo]=Vogal será fechada, ou seja, terá o traço [-baixo].

Até o momento, a maior parte dos sistemas de conversão texto-fala para o PB não havia dado tratamento especial a esta questão, fazendo simplesmente observações quanto aos problemas que poderiam surgir referentes às vogais e e o, ou sugerindo que os itens lexicais que apresentassem dificuldades fossem inseridos em dicionários de exceções, gerando um aumento desnecessário em tais dicionários.

Os problemas que ainda não foram resolvidos dizem respeito às regras de classificação gramatical, ou seja, alguns itens lexicais são classificados como verbos [VER] quando deveriam ter sido classificados como nomes [NOME] e vice-versa. Sendo assim, ocorre uma inversão de alternância nas vogais dos radicais, abrindo quando deveriam fechar e fechando quando deveriam abrir. No entanto, se a classificação gramatical for correta, as regras de alternância vocálica apresentadas funcionam satisfatoriamente. Em algumas situações, deve-se optar por uma classificação ou outra, levando em consideração a aplicação para a qual está voltado o sistema de conversão texto-fala. Por exemplo, para aplicação em sistemas de consulta à lista telefônica, consideramos que, quando o item lexical passível de alternância vocálica estiver sozinho ou seguido de outro item classificado como NOME, sua classificação será NOME.

Exemplo:

Posto Estrela (18)
Gelo Cristal (19)

Os pequenos problemas ainda não solucionados envolvem o nível semântico, mas não são desencorajadores, já que o processo de ajuste fino em sistemas de conversão texto-fala é bastante delicado e evolutivo.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Empresa de Telecomunicações DÍGITRO Tecnologia Ltda. pelo financiamento dado a esta pesquisa.

REFERÊNCIAS

- [1] F. Egashira, "Síntese de voz a partir de texto para a língua portuguesa," Dissertação de Mestrado, Unicamp, Campinas, Jul. 1992.
 - [2] C. H. Silva, "Modelamento prosódico para conversão texto-fala do português falado no Brasil," Dissertação de Mestrado, Unicamp, Campinas, Dez. 1995.
 - [3] L. C. T. Gomes, "Sistema de conversão texto-fala para a língua portuguesa utilizando a abordagem de síntese por regras," Dissertação de Mestrado, Unicamp, Campinas, Jul. 1998.
 - [4] P. A. Aquino, "O papel das vogais reduzidas pós-tônicas na construção de um sistema de síntese concatenativa para o português do Brasil," Dissertação de Mestrado, Unicamp, Campinas, Nov. 1997.
 - [5] M. N. Souza, L. P. Calôba, J. M. Seixas, C. G. Machado e M. V. Ludolf, "Sintetizador de voz do projeto Processador Automático de Português," *Proceedings of XII Brazilian Automatic Control Conference - XII CBA*, Uberlândia, MG, vol. VI, pp. 2093-2096, Set. 1998.
 - [6] F. A. Figueiredo, L. A. B. Naviner e B. G. Aguiar Neto, "Uma nova abordagem para o sistema de conversão texto-fala para a língua portuguesa," *XV Simpósio Brasileiro de Telecomunicações*, Recife, PE, pp. 328-331, Jan. 1997.
 - [7] L. Bisol, *Introdução a estudos de fonologia do português brasileiro*. Porto Alegre: EDIPUCRS, 1996.
 - [8] J. M. Câmara Jr., *Estrutura da língua portuguesa*. Petrópolis: Vozes, 1970.
 - [9] M. H. M. Mateus, *Aspectos de fonologia do português*. Lisboa: Centro de Estudos Filológicos, 1975.
 - [10] D. H. Klatt, "Review of text-to-speech conversion for English," *Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 82, no. 3, pp. 737-793, Sept. 1987.
 - [11] M. Edgington, A. Lowry, P. Jackson, A. P. Breen e S. Minnis, "Overview of current text-to-speech techniques: Part I - text and linguistic analysis," *BT Technol J*, vol. 14, no. 1, pp. 68-83, Jan. 1996.
 - [12] T. Dutoit, *An introduction to text-to-speech synthesis*. Dordrecht: Kluwer, 1997.
 - [13] R. V. Cox, C. A. Kamm, L. R. Rabiner, J. Schroeter e J. G. Wilpon, "Speech and language processing for next-millennium communication services," *Proceedings of the IEEE*, vol. 88, no. 8, pp. 1314-1337, Aug. 2000.
 - [14] A. Houaiss e M. S. Villar. *Dicionário Houaiss da língua portuguesa*. Rio de Janeiro: Objetiva, 2001.
- Izabel Christine Seara** obteve, pela Universidade Federal de Santa Catarina, os títulos de Licenciada em Letras: Português-Francês, Mestre e Doutora em Linguística em 1990, 1994 e 2000, respectivamente. É professora de Linguística e Produção Textual e pesquisadora na área de Processamento da Fala, desenvolvendo pesquisas no Laboratório de Circuitos e Processamento de Sinais (LINSE) do Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Santa Catarina. Suas áreas de interesse são: Fonética Acústica e Articulatória, Síntese e Reconhecimento de Fala.
- Sandra Ghizoni Kafka** graduou-se em Letras: Português-Italiano em 1994 pela Universidade Federal de Santa Catarina e tornou-se Mestre em Linguística pela mesma Universidade em Junho de 1999. Atualmente é pesquisadora na área de Processamento da Fala, atuando no Laboratório de Circuitos e Processamento de Sinais (LINSE) do Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Santa Catarina. Suas áreas de interesse são: Fonética Acústica, Síntese e Reconhecimento de Fala e Identificação de Locutores.
- Simone Klein** graduou-se em Letras: Alemão-Bacharelado em Tradução e obteve o título de Mestre em Linguística pela Universidade Federal de Santa Catarina em 1994 e 1999, respectivamente. Desenvolve atualmente pesquisas na área de Processamento da Fala, atuando no Laboratório de Circuitos e Processamento de Sinais (LINSE) do Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Santa Catarina. Tem interesse pelas seguintes áreas de estudo: Fonética Acústica, Síntese e Reconhecimento de Fala.
- Rui Seara** graduou-se em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, SC, em 1975. Obteve o título de Mestre em Ciências em Engenharia Elétrica pela UFSC, em 1980. Especializou-se em Instrumentação-Metrologia pela Ecole Supérieure d'Electricité de Paris, França, em 1982. Obteve o título de Doutor em Engenharia Elétrica pela Université Paris Sud de Paris, França, em 1984. Ingressou no Departamento de Engenharia Elétrica da UFSC em 1976, onde atualmente é Professor Titular e desenvolve suas atividades de pesquisa e ensino nas áreas de: Filtros Analógicos e Digitais, Filtragem Adaptativa, Processamento de Imagens e Processamento da Fala.