

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA  
DO RIO DE JANEIRO



**Flávia Magalhães Freitas Ferreira**

**Contribuições às Abordagens SA-DCT e  
DCT Baseada em Blocos para Codificação  
de Imagens Orientada por Objeto**

**Tese de Doutorado**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica do Departamento de Engenharia Elétrica da PUC-Rio como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Engenharia Elétrica

Orientador: Prof. Abraham Alcaim

Rio de Janeiro  
outubro de 2004



**Flávia Magalhães Freitas Ferreira**

**Contribuições às Abordagens SA-DCT e  
DCT Baseada em Blocos para Codificação  
de Imagens Orientada por Objeto**

Tese de Doutorado apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica do Departamento de Engenharia Elétrica do Centro Técnico Científico da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

**Dr. Abraham Alcaim**

Orientador

Centro de Estudos de Telecomunicações - PUC-Rio

**Dr. Eduardo Antônio Barros da Silva**

COPPE-UFRJ

**Dr. Gelson Vieira Mendonça**

COPPE-UFRJ

**Dr. Murilo Bresciani de Carvalho**

UFF

**Dr. Emílio Carlos Acocella**

MDCE

**Dr. Weiler Alves Finamore**

Centro de Estudos de Telecomunicações - PUC-Rio

**Prof. José Eugênio Leal**

Coordenador Setorial do Centro

Técnico Científico - PUC-Rio

Rio de Janeiro, 01 de outubro de 2004

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, do autor e do orientador.

### **Flávia Magalhães Freitas Ferreira**

Graduou-se em Engenharia Elétrica com ênfase em sistemas eletrônicos pela PUC-Minas em 1990. Concluiu seu Curso de Mestrado em Engenharia Elétrica pela UFMG, em 1995. É professora do IPUC - Instituto Politécnico da PUC-Minas desde 1991, pertencendo hoje à categoria de professor adjunto III.

#### Ficha Catalográfica

Ferreira, Flávia Magalhães Freitas

Contribuições às Abordagens SA-DCT e DCT Baseada em Blocos para Codificação de Imagens Orientada por Objeto/ Flávia Magalhães Freitas Ferreira; orientador: Abraham Alcaim. — Rio de Janeiro : PUC, Departamento de Engenharia Elétrica, 2004.

240 f: il. ; 30 cm

Tese (doutorado) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Elétrica.

Inclui referências bibliográficas.

1. Engenharia Elétrica - Teses. 2. Codificação baseada em Objeto. 3. DCT baseada em blocos. 4. SA-DCT. 5. Indicadores Morfológicos I. Alcaim, Abraham. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Engenharia Elétrica. III. Contribuições às Abordagens SA-DCT e DCT Baseada em Blocos para Codificação de Imagens Orientada por Objeto.

Ao meu Delano,  
aos meus filhos Thiago, Júlia, Luísa e Matheus,  
e aos meus pais, Nilma e Toninho.

## Agradecimentos

Agradeço ao Prof. Abraham Alcaim, por suas valiosas intervenções e sugestões durante o acompanhamento minucioso e interessado desta pesquisa. Procurarei levar os seus ensinamentos às pessoas que trabalharem comigo. Também sentirei saudade dos bons momentos que compartilhamos fora dos muros da PUC Rio, dedicados ao conhecimento, à cultura e à história do Estado de Minas Gerais e é claro, aos prazerosos momentos de alegria e celebração, em que nos permitimos relaxar e simplesmente comemorar a nossa amizade.

À PUC-Rio, pela bolsa de isenção através do Convênio PUC-Rio/PUC Minas.

À PUC Minas, pelo auxílio concedido através de seu Plano Permanente de Capacitação Docente.

Aos professores do CETUC/PUC-Rio, em especial, Weiler, Raimundo e José Mauro, por suas exposições tão ricas em conteúdo e pela disponibilidade em ouvir nossas dúvidas e inquietações.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Elétrica da PUC-Rio, em especial àqueles do CETUC, pela simpatia e disponibilidade para toda e qualquer ajuda.

Ao Paulo, meu amigo carioca e mentor da idéia do doutorado na PUC-Rio, por fazer-me acreditar que era possível e por viabilizar as condições para tal iniciativa. Obrigada por toda a amizade e apoio.

Aos amigos do IPUC/PUC Minas, agradeço pela confiança, amizade e disponibilidade, principalmente no final deste trabalho. Vocês foram fundamentais!

Ao Emílio, pelo auxílio no início das implementações desta tese.

Aos amigos Débora, Bruno, Ricardo, Rodrigo, Márcio e José Antônio. Vocês, cariocas, acolheram a minha mineirice, oferecendo-me toda a ajuda e amizade de que precisei. A vocês, o meu agradecimento. Sentirei sempre saudade dos momentos que passamos juntos.

A Tiago Vinhoza, atual aluno de doutorado do CETUC/PUC-Rio, pela solidariedade. Você me permitiu sentir segurança nos dias anteriores à entrega deste trabalho, quando precisei estar no CETUC por vários dias consecutivos. Obrigada também pelo interesse e pelas palavras que tanto me tocaram após a minha defesa.

Ao insubstituível Padre Magela, pelas bênçãos e por todo o apoio e confiança que teve em mim. Sou-lhe grata pelas experiências que me proporcionou.

À querida amiga Lea, que se demonstrou, desde o início, solidária, atenta e sensível às condições de mãe, mulher e profissional. Agradeço-lhe pelo seu apoio, amizade e incentivo.

À Thelma, minha amiga de sempre, por todos os momentos que compartilhamos e que só a nós cabe lembrar. Copacabana nunca mais será a mesma depois de Flávia e Thelma...

À Maria de Fátima Costa Delgado, nossa terapeuta familiar, que com mãos de anjo aquietou o coração de todos nós. Você me ajudou a distinguir entre o que eu posso fazer e o que não está ao meu alcance. Esse foi um dos aprendizados mais importantes para a minha vida.

Aos primos e amigos Táti, Claudinha e Gu, que dividiram comigo deliciosos momentos de lazer, fazendo-me não sentir culpa nos instantes de descanso e descontração.

À vovó Escolástica, pelas orações que me dedicou e por ter me cedido um espaço tão aconchegante na casa da minha infância. A semana que passei em Bambuí, sendo cuidada com tanto carinho por você, contribuiu muito para o desfecho desta etapa. Eu te amo.

Aos queridos tios Benício e Maria Inês, pela acolhida sempre amorosa, que só os pais dedicam aos filhos. Vocês são muito especiais.

À incansável Fafá, por sua dedicação diária à minha casa, aos meus filhos e a mim. Obrigada pelo carinho, lealdade e compromisso.

Aos meus amorosos pais, Toninho e Nilma, que sempre me impulsionaram com a sua motivação. Agradeço, emocionada, pelo carinho que têm comigo, Delano, Thiago, Júlia e Luísa e, agora, Matheus. Vocês são muito importantes nesta conquista. Foi o amor de vocês que tornou fácil a superação de momentos que poderiam ter sido difíceis. Obrigada por me apoiarem incondicionalmente. Também os amo muito.

Aos meus pequeninos Thiago, Júlia e Luísa, agradeço por nunca haverem duvidado do meu amor. Ao contrário, sempre foram maduros (muito mais do que a idade lhes permitia) para apoiar-me e permitir a minha dedicação à tese. Sou a mãe mais privilegiada do mundo por ter vocês como filhos. Eu os amo profundamente.

Ao Matheus, que foi tão desejado e há muito tempo o amamos. A Deus, agradeço por trazer-nos essa criança em momentos tranquilos.

Ao Delano, meu melhor amigo, meu amor. É impossível definir o que você representa: paixão, companheirismo, admiração, motivação, cumplicidade e tantos outros sentimentos e virtudes. Obrigada por ter lutado para estarmos aqui: eu, você e os nossos filhos. Os projetos que temos para esta vida, tenho certeza, iremos realizá-los um a um.

## Resumo

Ferreira, Flávia Magalhães Freitas; Alcaim, Abraham. **Contribuições às Abordagens SA-DCT e DCT Baseada em Blocos para Codificação de Imagens Orientada por Objeto**. Rio de Janeiro, 2004. 240p. Tese de Doutorado — Departamento de Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Esta tese examina e apresenta contribuições para a codificação de textura intra-quadro na codificação de imagens baseada em objeto. Duas abordagens de codificação são focadas: a DCT baseada em blocos e a DCT adaptativa à forma (SA-DCT). São propostos indicadores morfológicos para extrair características de forma e textura intrínsecas ao objeto a ser codificado, classificando os blocos de imagem  $8 \times 8$  segundo o número de pixels do objeto neles contidos. Esses indicadores são utilizados para a análise de algoritmos de codificação conhecidos na literatura e também para a proposição de esquemas híbridos que solucionem problemas identificados. Os esquemas híbridos propostos baseiam-se no tratamento diferenciado para grupos de blocos distintos, usando como base a informação sobre a textura média nesses grupos. Por fim, é proposta uma estrutura de codificação adaptativa em função da taxa de bits, da textura e da forma do objeto a ser codificado. Essa estratégia incorpora os esquemas híbridos propostos nesta tese para a escolha da direção preferencial de processamento do algoritmo de extrapolação EI - *Extension Interpolation* - e da SA-DCT. Ela seleciona automaticamente a abordagem de codificação mais adequada a um grupo específico de blocos a cada faixa de taxas de bits, valendo-se dos indicadores morfológicos. O codificador adaptativo proposto mostrou-se equivalente ou superior em desempenho aos melhores esquemas conhecidos na literatura, tanto para taxas baixas, quanto para taxas altas. Os resultados podem ser verificados a partir das curvas de desempenho e também a partir da observação da qualidade subjetiva das imagens recuperadas.

## Palavras-chave

Codificação baseada em objeto, DCT baseada em blocos, SA-DCT, Indicadores Morfológicos.

## Abstract

Ferreira, Flávia Magalhães Freitas; Alcaim, Abraham. This thesis examines and presents contributions to the intra-frame texture coding of Object-Based Image Coding. Two coding approaches are focused: the block-based DCT and the shape-adaptive DCT (SA-DCT). Morphological features are proposed in order to extract intrinsic characteristics of shape and texture from the object to be encoded. These features classify the  $8 \times 8$  image blocks according to their number of object pixels. These morphological features are used both in the analysis of coding algorithms reported in the literature and in the design of hybrid schemes that overcome some problems identified during the analysis procedure. The proposed hybrid schemes employ different strategies to deal with different groups of blocks. The information about the mean texture value at these groups is used as the basis of the algorithms. Finally, an adaptive coding structure, which is a function of the bit rate, texture and shape of the object, is proposed. This strategy incorporates the hybrid schemes introduced in this thesis, in order to choose the preferential processing direction for the EI - *Extension Interpolation* - padding technique and for the SA-DCT. It automatically selects the more adequate approach for a specific group of blocks at a given bit rate, depending on the morphological features. Performance of this adaptive coding scheme is either comparable or better than the best object-based transform coding schemes reported in the literature. This is valid both at low and high bit rates. Results are presented in terms of PSNR performance curves and subjective quality of the decoded images. Rio de Janeiro, 2004. 240p. PhD. Thesis — Departamento de Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

## Keywords

Object-based coding, block-based DCT, SA-DCT, Morphological features.



## Sumário

1	Introdução	<b>19</b>
1.1	Motivação	19
1.2	A Evolução dos Padrões de Codificação de Imagem	20
1.3	Objetivos	31
1.4	Organização da Tese	32
1.5	Lista de Símbolos	34
2	Codificação de Textura nos Codificadores de Imagem Orientados por Objeto: as Abordagens SA-DCT e DCT Baseada em Blocos	<b>36</b>
2.1	Tópicos Relacionados à Codificação de Textura Orientada por Objeto	37
2.2	As Principais Abordagens em Codificação de Textura Orientada por Objeto	41
2.3	A SA-DCT	45
2.4	A DCT Baseada em Blocos	51
3	Eficiência de Métodos de Partição da Imagem na Redução do Número de Blocos a Codificar	<b>57</b>
3.1	Introdução	57
3.2	Os Métodos Ortogonal Ótimo e Ortogonal Simplificado	60
3.3	Os Métodos Flexível Ótimo e Flexível Simplificado	62
3.4	Resultados Experimentais	64
3.5	Conclusões	68
4	Emprego de Indicadores Morfológicos para Análise de Codificadores Orientados por Objeto	<b>70</b>
4.1	Introdução	70
4.2	Condições de Realização dos Testes	71
4.3	Descrição do Objeto através de Indicadores Morfológicos	74
4.4	Análise segundo os Indicadores Morfológicos e Discussões	76
4.5	Conclusões	96
5	Escolha da Direção Preferencial de Processamento da EI-DCT	<b>97</b>
5.1	Introdução	97
5.2	Resultados preliminares das Estratégias MILV e MALV Aplicadas ao Algoritmo EI	99
5.3	A Estratégia MACES	111
5.4	O Esquema Híbrido Proposto para a EI-DCT	119
5.5	Resultados de Simulação	120
5.6	Resultados com Particionamentos Ortogonal e Flexível	124
5.7	Conclusões	131
6	Escolha da Direção Preferencial de Processamento da SA-DCT	<b>133</b>
6.1	Introdução	133
6.2	O algoritmo SA-DCT e Alguns Resultados Preliminares	134

6.3	Algoritmo Híbrido para a SA-DCT: Proposição e Resultados	149
6.4	O Emprego de Outros Particionamentos na SA-DCT	158
6.5	Conclusões	175
7	Chaveamento entre os Algoritmos Híbridos da SA-DCT e da EI-DCT para Codificação Adaptativa de Objetos de Forma Arbitrária	<b>177</b>
7.1	Introdução	177
7.2	O Codificador Adaptativo Proposto	178
7.3	Resultados e Discussão	193
7.4	Conclusões	210
8	Conclusões e Sugestões para Trabalhos Futuros	<b>212</b>
8.1	Conclusões	212
8.2	Sugestões para Trabalhos Futuros	216
A	Imagens Empregadas nos Experimentos	<b>229</b>
A.1	LENA	229
A.2	PEPPERS	230
A.3	FIGHTER	231
A.4	AKYIO	231
A.5	CHILDREN	232
A.6	FISH AND LOGO	235
A.7	WEATHER	239

## Lista de Figuras

1.1	Segmentação dos macroblocos para a compensação de movimento no MPEG-4 parte 10: (a) segmentação dos macroblocos; (b) segmentação das partições $8 \times 8$	29
2.1	Decomposição em 7 subbandas	43
2.2	Transformações da região de suporte na aplicação da SA-DCT	46
2.3	Bloco de contorno extrapolado usando o algoritmo EI. (a) Processo de extrapolação (codificador) e (b) Processo de extrapolação inverso (decodificador)	52
2.4	Os oito vizinhos do pixel $P$ a ser extrapolado	53
2.5	Os quatro vizinhos do pixel a ser extrapolado	55
3.1	Quadro de imagem com partição convencional	58
3.2	Objeto delimitado pela região retangular	60
3.3	Quadro particionado utilizando-se o método Ortogonal Ótimo	61
3.4	Quadro particionado utilizando-se o método Ortogonal Simplificado	62
3.5	Regiões retangulares que delimitam os pixels pertencentes ao objeto de cada uma das camadas de blocos	63
3.6	Quadro particionado utilizando-se o método Flexível Ótimo	64
3.7	Quadro particionado utilizando-se o método Flexível Simplificado	65
4.1	Distribuição (porcentagem) de blocos de acordo com o Número de Pixels do Objeto - DNPO (é mostrado o indicador para todos os grupos)	76
4.2	Distribuição (porcentagem) de blocos de acordo com o Número de Pixels do Objeto - DNPO (é mostrado o indicador apenas para os grupos de blocos de contorno)	77
4.3	Textura de acordo com o Número de Pixels do Objeto - TNPO (é mostrado o indicador para todos os grupos)	78
4.4	Desempenho dos vários algoritmos de DCT baseada em blocos implementados sobre 11 quadros de um VOP da seqüência <i>CHILDREN</i>	79
4.5	Desempenho dos vários algoritmos de DCT baseada em blocos implementados sobre 11 quadros de um VOP da seqüência <i>FISH AND LOGO</i>	79
4.6	Desempenho dos vários algoritmos de DCT baseada em blocos implementados sobre 11 quadros de um VOP da seqüência <i>WEATHER</i>	80
4.7	Desempenho dos vários algoritmos de DCT baseada em blocos implementados sobre o quadro <i>AKYIO</i>	80
4.8	Desempenho dos vários algoritmos de DCT baseada em blocos implementados sobre o quadro <i>LENA</i>	81

4.9	Desempenho dos vários algoritmos de DCT baseada em blocos implementados sobre 1 objeto do quadro <i>PEPPER</i>	81
4.10	Desempenho dos vários grupos da seqüência <i>FISH AND LOGO</i> , quando codificada com o algoritmo EI-DCT.	82
4.11	Desempenho dos vários grupos da seqüência <i>FISH AND LOGO</i> , quando codificada com o algoritmo EA-DCT-MPEG4	82
4.12	Desempenho dos vários grupos no quadro <i>AKYIO</i> , quando codificado com o algoritmo EI-DCT.	83
4.13	Desempenho dos vários grupos no quadro <i>AKYIO</i> , quando codificado com o algoritmo EA-DCT-MPEG4	83
4.14	Desempenho dos algoritmos SA-DCT e EI-DCT implementados sobre 11 quadros de um VOP da seqüência <i>FISH AND LOGO</i> - Grupo G11	85
4.15	Desempenho dos algoritmos SA-DCT e EI-DCT implementados sobre o quadro <i>LENA</i> - Grupo G11.	86
4.16	Desempenho dos algoritmos SA-DCT e EI-DCT implementados sobre o quadro <i>PEPPER</i> (objeto 2) - Grupo G11	87
4.17	Desempenho dos algoritmos SA-DCT e EI-DCT implementados sobre 11 quadros de um VOP da seqüência <i>CHILDREN</i>	88
4.18	Desempenho dos algoritmos SA-DCT e EI-DCT implementados sobre 11 quadros de um VOP da seqüência <i>FISH AND LOGO</i>	89
4.19	Desempenho dos algoritmos SA-DCT e EI-DCT implementados sobre 11 quadros de um VOP da seqüência <i>WEATHER</i>	90
4.20	Desempenho dos algoritmos SA-DCT e EI-DCT implementados sobre o quadro <i>AKYIO</i> .	90
4.21	Desempenho dos algoritmos SA-DCT e EI-DCT implementados sobre o quadro <i>LENA</i> .	91
4.22	Desempenho dos algoritmos SA-DCT e EI-DCT implementados sobre 1 objeto do quadro <i>PEPPER</i>	91
4.23	Desempenho dos vários grupos de blocos de <i>CHILDREN</i> codificados com a SA-DCT	92
4.24	Desempenho dos vários grupos de blocos de <i>CHILDREN</i> codificados com a EI-DCT	92
4.25	Desempenho dos vários grupos de blocos de <i>LENA</i> codificados com a SA-DCT	93
4.26	Desempenho dos vários grupos de blocos de <i>LENA</i> codificados com a EI-DCT	93
4.27	Desempenho dos vários grupos de blocos de <i>PEPPER</i> codificados com a SA-DCT	94
4.28	Desempenho dos vários grupos de blocos de <i>PEPPER</i> codificados com a EI-DCT	94
5.1	Textura de acordo com o Número de Pixels do Objeto - TNPO	100
5.2	Resultados de codificação com a EI-DCT para 11 quadros do objeto da seqüência <i>WEATHER</i>	101
5.3	Resultados de codificação com a EI-DCT para o objeto do quadro <i>AKYIO</i>	102

5.4	Resultados de codificação com a EI-DCT para 11 quadros de um objeto da seqüência <i>CHILDREN</i>	102
5.5	Resultados de codificação com a EI-DCT para 11 quadros de um objeto da seqüência <i>FISH AND LOGO</i>	103
5.6	Resultados de codificação com a EI-DCT para o objeto do quadro <i>LENA</i>	103
5.7	Resultados de codificação com a EI-DCT para um objeto do quadro <i>PEPPER</i>	104
5.8	Resultados de codificação dos blocos do grupo G4 de <i>WEATHER</i> (alta textura)	104
5.9	Resultados de codificação dos blocos do grupo G7 de <i>CHILDREN</i> (alta textura)	105
5.10	Resultados de codificação dos blocos do grupo G2 de <i>AKYIO</i>	107
5.11	Resultados de codificação dos blocos do grupo G2 de <i>LENA</i>	108
5.12	Resultados de codificação dos blocos do grupo G2 de <i>PEPPER</i>	108
5.13	Resultados de codificação dos blocos do grupo G2 de <i>CHILDREN</i>	109
5.14	Resultados de codificação dos blocos do grupo G2 de <i>FISH AND LOGO</i>	109
5.15	Resultados de codificação dos blocos do grupo G2 de <i>WEATHER</i>	110
5.16	Resultados de codificação dos blocos do grupo G2 de <i>AKYIO</i>	113
5.17	Resultados de codificação dos blocos do grupo G2 de <i>LENA</i>	113
5.18	Resultados de codificação dos blocos do grupo G2 de <i>FISH AND LOGO</i> (objeto 1, quadros 10 a 20)	114
5.19	Resultados de codificação dos blocos do grupo G4 de <i>AKYIO</i>	114
5.20	Resultados de codificação dos blocos do grupo G4 de <i>CHILDREN</i> (objeto 1, quadros 1 a 11)	115
5.21	Resultados de codificação dos blocos do grupo G4 de <i>WEATHER</i> (quadros 1 a 11)	115
5.22	Resultados de codificação dos blocos do grupo G8 de <i>PEPPER</i> (objeto 2)	116
5.23	Resultados de codificação dos blocos do grupo G8 de <i>FISH AND LOGO</i> (objeto 1, quadros 10 a 20)	117
5.24	Resultados de codificação dos blocos do grupo G8 de <i>CHILDREN</i> (objeto 1, quadros 1 a 11)	117
5.25	Resultados de codificação dos blocos do grupo G10 de <i>PEPPER</i> (objeto 2)	118
5.26	Resultados de codificação dos blocos do grupo G10 de <i>FISH AND LOGO</i> (objeto 1, quadros 10 a 20)	118
5.27	Desempenho das diversas estratégias EI-DCT para os 11 quadros do objeto 1 de <i>CHILDREN</i>	121
5.28	Desempenho das diversas estratégias EI-DCT para os 11 quadros do objeto 1 de <i>FISH AND LOGO</i>	121
5.29	Desempenho das diversas estratégias EI-DCT para o objeto de <i>LENA</i>	122
5.30	Desempenho das diversas estratégias EI-DCT para os 11 quadros do objeto de <i>WEATHER</i>	122
5.31	Desempenho das diversas estratégias EI-DCT para o objeto de <i>AKYIO</i>	123
5.32	Desempenho das diversas estratégias EI-DCT para o objeto 2 de <i>PEPPER</i>	123

5.33	Desempenho da estratégia HÍBRIDA associada a diferentes particionamentos - <i>CHILDREN</i> (objeto 1)	126
5.34	Desempenho da estratégia HÍBRIDA associada a diferentes particionamentos - <i>FISH AND LOGO</i> (objeto 1)	126
5.35	Desempenho da estratégia HÍBRIDA associada a diferentes particionamentos - <i>WEATHER</i>	127
5.36	Desempenho da estratégia HÍBRIDA associada a diferentes particionamentos - <i>AKYIO</i>	127
5.37	Desempenho da estratégia HÍBRIDA associada a diferentes particionamentos - <i>LENA</i>	128
5.38	Desempenho da estratégia HÍBRIDA associada a diferentes particionamentos - <i>PEPPER</i> (objeto 2)	128
5.39	Ganhos de desempenho médios sobre a estratégia MALV no Particionamento Convencional	129
5.40	Ganhos de desempenho médios sobre a estratégia MALV no Particionamento Ortogonal Simplificado	130
5.41	Ganhos de desempenho médios sobre a estratégia MALV no Particionamento Flexível Simplificado	130
6.1	Textura de acordo com o Número de Pixels do Objeto - TNPO	137
6.2	Desempenho médio dos blocos do grupo G1 em <i>CHILDREN</i>	138
6.3	Desempenho médio dos blocos do grupo G3 em <i>AKYIO</i>	139
6.4	Desempenho médio dos blocos do grupo G3 em <i>WEATHER</i>	139
6.5	Desempenho médio dos blocos do grupo G1 em <i>PEPPER</i>	140
6.6	Desempenho médio dos blocos do grupo G2 em <i>PEPPER</i>	140
6.7	Desempenho médio dos blocos do grupo G3 em <i>PEPPER</i>	141
6.8	Desempenho médio dos blocos do grupo G4 em <i>PEPPER</i>	141
6.9	Desempenho médio dos blocos do grupo G5 em <i>PEPPER</i>	142
6.10	Desempenho médio dos blocos do grupo G7 em <i>PEPPER</i>	142
6.11	Desempenho médio dos blocos do grupo G7 em <i>AKYIO</i>	143
6.12	Desempenho médio dos blocos do grupo G7 em <i>CHILDREN</i>	143
6.13	Desempenho médio dos blocos do grupo G7 em <i>WEATHER</i>	144
6.14	Desempenho médio dos blocos do grupo G7 em <i>FISH AND LOGO</i>	144
6.15	Desempenho médio dos blocos do grupo G7 em <i>LENA</i>	145
6.16	Desempenho médio dos blocos do grupo G9 em <i>WEATHER</i>	146
6.17	Desempenho médio dos blocos do grupo G9 em <i>PEPPER</i>	147
6.18	Desempenho médio dos blocos do grupo G9 em <i>AKYIO</i>	147
6.19	Desempenho médio dos blocos do grupo G9 em <i>LENA</i>	148
6.20	Desempenho médio dos blocos do grupo G10 em <i>LENA</i>	150
6.21	Desempenho médio dos blocos do grupo G10 em <i>CHILDREN</i> (objeto 1, quadros 1 a 11)	151
6.22	Desempenho médio dos blocos do grupo G7 em <i>AKYIO</i>	151
6.23	Resultados de codificação de <i>PEPPER</i> (objeto 2) com a SA-DCT	154
6.24	Resultados de codificação de <i>CHILDREN</i> (objeto 1, quadros 1 a 11) com a SA-DCT	155
6.25	Resultados de codificação de <i>FISH AND LOGO</i> (objeto 1, quadros 10 a 20) com a SA-DCT	155
6.26	Resultados de codificação de <i>AKYIO</i> com a SA-DCT	156

6.27	Resultados de codificação de <i>WEATHER</i> (quadros 1 a 11) com a SA-DCT	156
6.28	Resultados de codificação de <i>LENA</i> com a SA-DCT	157
6.29	Estratégias 'HÍBRIDA', 'COLUMNS-FIRST' e 'R-D pseudo-ÓTIMA': ganhos de RPR (dB) sobre a partição convencional em <i>CHILDREN</i> (objeto 1, quadros 1 a 11)	159
6.30	Estratégias 'HÍBRIDA', 'COLUMNS-FIRST' e 'R-D pseudo-ÓTIMA': ganhos de RPR (dB) sobre a partição convencional em <i>FISH AND LOGO</i> (objeto 1, quadros 10 a 20)	160
6.31	Estratégias 'HÍBRIDA', 'COLUMNS-FIRST' e 'R-D pseudo-ÓTIMA': ganhos de RPR (dB) sobre a partição convencional em <i>WEATHER</i> (quadros 1 a 11)	161
6.32	Estratégias 'HÍBRIDA', 'COLUMNS-FIRST' e 'R-D pseudo-ÓTIMA': ganhos de RPR (dB) sobre a partição convencional em <i>AKYIO</i>	162
6.33	Estratégias 'HÍBRIDA', 'COLUMNS-FIRST' e 'R-D pseudo-ÓTIMA': ganhos de RPR (dB) sobre a partição convencional em <i>LENA</i>	163
6.34	Estratégias 'HÍBRIDA', 'COLUMNS-FIRST' e 'R-D pseudo-ÓTIMA': ganhos de RPR (dB) sobre a partição convencional em <i>PEPPER</i> (objeto 2)	164
6.35	Indicador TNPO para o particionamento convencional	165
6.36	Indicador TNPO para o particionamento Ortogonal Simplificado	166
6.37	Indicador TNPO para o particionamento Flexível Simplificado	167
6.38	Comparação entre as estratégias MILV, MALV e esquema HÍBRIDO com o particionamento Convencional	168
6.39	Comparação entre as estratégias MILV, MALV e esquema HÍBRIDO com o particionamento Ortogonal Simplificado	169
6.40	Comparação entre as estratégias MILV, MALV e esquema HÍBRIDO com o particionamento Flexível Simplificado	169
6.41	Variação do Indicador Morfológico DNPO com o tipo de Particionamento	170
6.42	Variação do Indicador Morfológico TNPO com o tipo de Particionamento	171
6.43	Desempenho dos grupos de <i>CHILDREN</i> quando empregado o particionamento convencional	173
6.44	Desempenho dos grupos de <i>CHILDREN</i> quando empregado o particionamento Ortogonal Simplificado	173
6.45	Desempenho dos grupos de <i>CHILDREN</i> quando empregado o particionamento Flexível Simplificado	174
7.1	Textura de acordo com o Número de Pixels do Objeto - TNPO (é mostrado o indicador para todos os grupos)	181
7.2	Desempenho de codificação do grupo G1 usando os esquemas SA-DCT HÍBRIDO, EI-DCT HÍBRIDO e ADAPTATIVO em <i>AKYIO</i>	182

7.3	Desempenho de codificação do grupo G1 usando os esquemas SA-DCT HÍBRIDO, EI-DCT HÍBRIDO e ADAPTATIVO em <i>CHILDREN</i> (objeto 1)	183
7.4	Desempenho de codificação do grupo G4 usando os esquemas SA-DCT HÍBRIDO, EI-DCT HÍBRIDO e ADAPTATIVO em <i>PEPPER</i> (objeto 2)	184
7.5	Desempenho de codificação do grupo G4 usando os esquemas SA-DCT HÍBRIDO, EI-DCT HÍBRIDO e ADAPTATIVO em <i>FISH AND LOGO</i> (objeto 1, quadros 10 a 20)	184
7.6	Desempenho de codificação do grupo G6 usando os esquemas SA-DCT HÍBRIDO, EI-DCT HÍBRIDO e ADAPTATIVO em <i>AKYIO</i> .	185
7.7	Desempenho de codificação do grupo G6 usando os esquemas SA-DCT HÍBRIDO, EI-DCT HÍBRIDO e ADAPTATIVO em <i>CHILDREN</i> (objeto 1, quadros 1 a 11)	185
7.8	Desempenho de codificação do grupo G8 usando os esquemas SA-DCT HÍBRIDO, EI-DCT HÍBRIDO e ADAPTATIVO em <i>FISH AND LOGO</i> (objeto 1, quadros 10 a 20)	186
7.9	Desempenho de codificação do grupo G9 usando os esquemas SA-DCT HÍBRIDO, EI-DCT HÍBRIDO e ADAPTATIVO em <i>AKYIO</i>	187
7.10	Desempenho de codificação do grupo G10 usando os esquemas SA-DCT HÍBRIDO, EI-DCT HÍBRIDO e ADAPTATIVO em <i>AKYIO</i> .	188
7.11	Desempenho de codificação do grupo G10 usando os esquemas SA-DCT HÍBRIDO, EI-DCT HÍBRIDO e ADAPTATIVO em <i>WEATHER</i> (quadros 1 a 11)	188
7.12	Desempenho de codificação do grupo G10 usando os esquemas SA-DCT HÍBRIDO, EI-DCT HÍBRIDO e ADAPTATIVO em <i>FISH AND LOGO</i> (objeto 1, quadros 10 a 20)	189
7.13	Desempenho de codificação do grupo G11 usando os esquemas SA-DCT HÍBRIDO, EI-DCT HÍBRIDO e ADAPTATIVO em <i>PEPPER</i> (objeto 2)	190
7.14	Desempenho de codificação do grupo G11 usando os esquemas SA-DCT HÍBRIDO, EI-DCT HÍBRIDO e ADAPTATIVO em <i>CHILDREN</i> (objeto 1, quadros 1 a 11)	191
7.15	Desempenho de codificação do grupo G11 usando os esquemas SA-DCT HÍBRIDO, EI-DCT HÍBRIDO e ADAPTATIVO em <i>AKYIO</i>	191
7.16	Desempenho do esquema ADAPTATIVO comparado à SA-DCT-COLUMNS-FIRST e à EI-DCT-MILV para <i>AKYIO</i>	194
7.17	Desempenho do esquema ADAPTATIVO comparado à SA-DCT-COLUMNS-FIRST e à EI-DCT-MILV para <i>CHILDREN</i> (objeto 1, quadros 1 a 11)	195
7.18	Desempenho do esquema ADAPTATIVO comparado à SA-DCT-COLUMNS-FIRST e à EI-DCT-MILV para <i>FISH AND LOGO</i> (objeto 1, quadros 10 a 20)	195



7.19	Desempenho do esquema ADAPTATIVO comparado à SA-DCT-COLUMNS-FIRST e à EI-DCT-MILV para <i>WEATHER</i> (quadros 1 a 11)	196
7.20	Desempenho do esquema ADAPTATIVO comparado à SA-DCT-COLUMNS-FIRST e à EI-DCT-MILV para <i>LENA</i>	196
7.21	Desempenho do esquema ADAPTATIVO comparado à SA-DCT-COLUMNS-FIRST e à EI-DCT-MILV para <i>PEPPER</i> (objeto 2)	197
7.22	Desempenho do esquema ADAPTATIVO comparado à SA-DCT-COLUMNS-FIRST e à EI-DCT-MILV para <i>FIGHTER</i>	197
7.23	Desempenho do esquema ADAPTATIVO comparado à SA-DCT-COLUMNS-FIRST e à EI-DCT-MILV para <i>CHILDREN</i> (objeto 2, quadros 1 a 11)	198
7.24	Desempenho do esquema ADAPTATIVO comparado à SA-DCT-COLUMNS-FIRST e à EI-DCT-MILV para <i>FISH AND LOGO</i> (objeto 2, quadros 10 a 20)	198
7.25	Desempenho do esquema ADAPTATIVO comparado à SA-DCT-COLUMNS-FIRST e à EI-DCT-MILV para <i>FISH AND LOGO</i> (objeto 3, quadros 10 a 20)	199
7.26	Desempenho médio do esquema ADAPTATIVO comparado à SA-DCT-COLUMNS-FIRST e à EI-DCT-MILV para todos os objetos	199
7.27	<i>AKYIO</i> recuperado após codificação à taxa de 1,1 bppo	201
7.28	Quadro 1 da seqüência <i>CHILDREN</i> (objeto 1) recuperado após codificação à taxa de 1,35 bppo	202
7.29	Quadro 20 da seqüência <i>FISH AND LOGO</i> (objeto 2) recuperado após codificação à taxa de 1,1 bppo	203
7.30	Quadro 1 da seqüência <i>WEATHER</i> recuperado após codificação à taxa de 0,7 bppo	204
7.31	Quadro 1 da seqüência <i>WEATHER</i> recuperado após codificação à taxa de 1,4 bppo	205
7.32	<i>FIGHTER</i> recuperado após codificação à taxa de 0,8 bppo	206
7.33	Detalhes de <i>CHILDREN</i> (objeto 2) à taxa de 5,5 bppo (a) Imagem Original; (b) SA-DCT "Columns-First"; (c) EI-DCT "MILV"; (d) ADAPTATIVO	207
8.1	Um bloco $8 \times 8$ de DCT, tratado como uma árvore de coeficientes de profundidade 3, com 64 subbandas.	218

## Lista de Tabelas

1.1	Resultados experimentais para codificação com qualidade constante usando a sequência <i>FLOWER GARDEN</i> [29]	24
1.2	Economia média de taxas de bits em comparação a padrões anteriores [32]	28
3.1	Resultados do Particionamento para <i>CHILDREN</i>	66
3.2	Resultados do Particionamento para <i>FISH AND LOGO</i>	66
3.3	Resultados do Particionamento para <i>WEATHER</i>	67
3.4	Variação média do número de blocos, comparativamente à partição convencional	68
4.1	Taxas em <i>bpcq</i> equivalentes às taxas de <i>bppo</i> para a DCT baseada em blocos	72
4.2	Taxas em <i>kbp</i> s equivalentes às taxas em <i>bppo</i> (independem do esquema de codificação)	73
4.3	Aumento percentual no número de bits, ao considerar-se a informação paralela para a transmissão das estatísticas dos coeficientes	74
4.4	Área Efetiva dos objetos	75
5.1	O Algoritmo Híbrido	120
5.2	Áreas Efetivas dos objetos sob diferentes esquemas de particionamento	125
6.1	O Algoritmo Híbrido para a SA-DCT	153
7.1	Chaveamento entre a EI-DCT e a SA-DCT no Codificador Adaptativo Proposto	179
7.2	Sobre-taxa necessária à implementação do esquema adaptativo, em comparação aos esquemas híbridos propostos nos Capítulos 5 e 6	180
7.3	Número de blocos por grupo em cada um dos objetos - Particionamento Convencional	208
7.4	Número de blocos por grupo em cada um dos objetos - Particionamento Ortogonal Simplificado	209
7.5	Número de blocos por grupo em cada um dos objetos - Particionamento Flexível Simplificado	209
7.6	Número total de blocos por grupo nos Particionamentos Convencional, Ortogonal Simplificado e Flexível Simplificado	209