



**Daniel de Vasconcelos Campos**

**SisApC2: uma estratégia baseada em sistemas  
computacionais móveis para apoiar atividades  
de Comando e Controle**

**Dissertação de Mestrado**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Informática do Departamento de Informática da PUC-Rio

Orientador: Prof. Marcelo Gattass

Rio de Janeiro,  
março de 2011



**Daniel de Vasconcelos Campos**

**SisApC2: uma estratégia baseada em sistemas  
computacionais móveis para apoiar atividades  
de Comando e Controle**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Informática do Departamento de Informática do Centro Técnico Científico da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

**Prof. Marcelo Gattass**

Orientador

Departamento de Informática – PUC-Rio

**Prof. Roberto de Beauclair Seixas**

Co-Orientador

Instituto de Matemática Pura e Aplicada

**Prof. Waldemar Celes Filho**

Departamento de Informática – PUC-Rio

**Prof. Marcelo Tilio M. de Carvalho**

Instituto Tecnológico

**Prof. Alberto Barbosa Raposo**

Departamento de Informática – PUC-Rio

**Prof. José Eugenio Leal**

Coordenador Setorial do Centro Técnico Científico – PUC-Rio

Rio de Janeiro, 29 de março de 2011

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

### Daniel de Vasconcelos Campos

Concluiu o ensino médio no Colégio Naval (Angra dos Reis–RJ) no ano de 1994 e graduou-se em Ciências Navais, com habilitação em eletrônica, na Escola Naval (Rio de Janeiro–RJ) em 1998.

#### Ficha Catalográfica

Campos, D. V.

SisApC2: uma estratégia baseada em sistemas computacionais móveis para apoiar atividades de Comando e Controle / Daniel de Vasconcelos Campos; orientador: Marcelo Gattass. — Rio de Janeiro : PUC–Rio, Departamento de Informática, 2011.

v., 88 f: il. ; 29,7 cm

1. Dissertação (mestrado) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Informática.

Inclui referências bibliográficas.

1. Informática – Tese. Comando e Controle; Ciclo de Boyd; Monitoramento de atividades; Computação Gráfica; Rastreamento. I. Gattass, M.. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Informática. III. Título.

CDD: 004

Em memória de meu pai.

## Agradecimentos

A Deus pelo milagre da vida e pela luz que ilumina os meus caminhos nos momentos mais difíceis.

Aos meus queridos pais, Paulo(in memoriam) e Glória, pela educação sólida em valores e pela referência de caráter.

A minha esposa Daniele pelo apoio e carinho ao longo de mais esse projeto.

Ao meu filho Danilo pela alegria e estímulo para seguir em frente nas ocasiões mais desafiadoras.

Aos meus queridos irmãos Márcia, Ana e Samuel, pelos votos de sucesso a mim dispensados.

Ao Professor Marcelo Gattass, meu orientador, pela orientação segura e pela confiança depositada em mim, essenciais à consecução de mais um objetivo traçado.

Ao Professor Roberto de Beauclair Seixas pela forma profissional com que me orientou no transcórrer de diversos momentos de dúvidas e dificuldades. Definitivamente o seu envolvimento, entusiasmo, apoio irrestrito, confiança e amizade foram fundamentais e decisivos para que eu pudesse obter resultados favoráveis na pesquisa empreendida.

Ao amigo Gustavo Lyrio, pelas diversas oportunidades em que me transmitiu seus valiosos conhecimentos, no trato de diversos problemas encontrados ao longo dessa caminhada, bem como pelo imprescindível apoio prestado nos testes de campo.

Ao amigo Mathias Zug pela importante contribuição na produção e assessoramento nos assuntos relativos à *hardware* deste trabalho.

A Sra. Alayde, ao CC Aquino e a toda equipe de subordinados pelo apoio cordial no trato das questões administrativas junto à Marinha do Brasil.

A Marinha do Brasil e ao Corpo de Fuzileiros Navais pela valiosa oportunidade que me foi concedida.

A PUC-Rio pelos conhecimentos que me foram transmitidos por seu conceituado corpo docente.

## Resumo

Campos, D. V.; Gattass, M.. **SisApC2: uma estratégia baseada em sistemas computacionais móveis para apoiar atividades de Comando e Controle**. Rio de Janeiro, 2011. 88p. Dissertação de Mestrado — Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

A teoria do Comando e Controle estudada sobre a ótica de John Boyd, importante estrategista militar do século XX, é uma poderosa ferramenta não apenas para o escopo militar mas também para qualquer outra atividade civil que demande o monitoramento de pessoas, veículos, embarcações ou quaisquer outros elementos de interesse. Atualmente, a introdução de técnicas de computação gráfica são importantes para o ciclo OODA (Observar–Orientar–Decidir–Agir), especialmente nos passos da observação e da orientação. Estes artifícios tornam estas etapas mais eficientes e menos sujeitas a erros. A implementação das premissas de Comando e Controle com a tecnologia atual não é uma tarefa trivial. Aspectos relacionados à escolha de componentes móveis e distribuídos bem como a implementação de diversos elementos gráficos são problemas intrínsecos a esta atividade. Cada um destes aspectos podem ser construídos com uma grande variedade de tecnologias, nem sempre compatíveis entre si. A presente dissertação propõe a construção de um *framework* de baixo custo capaz de implementar, de maneira eficaz, um sistema informatizado de apoio ao Comando e Controle. O *framework* é baseado em *software* abertos e confiáveis tendo sua versatilidade comprovada em variados tipos de aplicações. A dissertação também exemplifica a implementação de duas aplicações distintas, demonstrando a tecnologia empregada, a fim de possibilitar a avaliação de diferentes atividades.

## Palavras–chave

Comando e Controle; Ciclo de Boyd; Monitoramento de atividades; Computação Gráfica; Rastreamento.

## Abstract

Campos, D. V.; Gattass, M.(advisor). **SisApC2: a strategy based on mobile computer systems to support command and Control activities**. Rio de Janeiro, 2011. 88p. MSc Dissertation — Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

The Command and Control theory of John Boyd, a 20<sup>th</sup> century military strategist, is a powerful tool not only for the military, but also for any civilian activities that require monitoring people, vehicles, boats, or any other elements of interest. Nowadays computer graphics techniques are important for the OODA loop (Observe–Orient–Decide–Act), especially on observing and orienteering steps. They make these steps more efficient and less prone to errors. The implementation of Command and Control techniques with current technology is not a simple task. It involves the implementation of graphical, mobile and distributed components. Each of these components can be implemented with a variety of technologies, that are often incompatible with each other. This dissertation proposes a low cost framework capable of effectively support the implementation of a Command and Control computer system. The framework is based on open source reliable technologies and has proven versatile for different types of applications. The dissertation also presents the implementation of two different applications with the proposed technology to support its evaluation.

## Keywords

Command and Control; OODA Loop; Activity Monitoring; Computer Graphics; Tracking.

## Sumário

1	Introdução	<b>12</b>
1.1	Motivação	13
1.2	Objetivos	14
1.3	Trabalhos Correlatos	15
2	Descrição do Trabalho	<b>19</b>
2.1	Conceitos Básicos	19
2.2	Desenvolvimento	24
2.3	<i>Hardware</i>	33
3	Estudo de Casos	<b>39</b>
3.1	Caso de Uso: Monitoramento e controle de navegação	39
3.2	Caso de Uso: Militar	52
4	Conclusões	<b>68</b>
5	Trabalhos Futuros	<b>70</b>
A	Tabelas com as Especificações dos <i>Hardwares</i>	<b>76</b>
B	Artigo publicado na <i>Spring Simulation Multiconference 2011</i>	<b>79</b>



## Lista de figuras

2.1	Tela de uma estação monitoradora	21
2.2	Ciclo de <i>Boyd</i>	23
2.3	Arquitetura do protótipo do Sistema de Apoio ao Comando e Controle	27
2.4	Instância Monitorada	29
2.5	GPS Receiver	35
2.6	fit-PC2	35
2.7	fit-PC2	35
2.8	Modem Claro 3G	36
2.9	Bateria <i>Tekkeon</i>	36
2.10	Monitor utilizado para a instância monitorada – MIMO	37
2.11	Display de LCD desenvolvido pelo TecGraf/PUC-Rio	38
3.1	Tela da ferramenta Derrota – reconstrução de itinerário demandado	40
3.2	Processo de georeferenciamento de uma carta náutica	42
3.3	Obtenção de coordenadas, em UTM, de um ponto próximo à cabeceira do Aeroporto Santos Dumont, através de uma <i>callback IUP de mouse</i>	42
3.4	Processo de obtenção de Carta Náutica georeferenciada	43
3.5	Processo de obtenção de imagem satélite georeferenciada	43
3.6	Diversas isóbatas construídas na Carta Náutica da Baía de Guanabara	44
3.7	Procedimento para obtenção da profundidade (e/ou altitude) de um ponto	45
3.8	Tela do Sistema de Apoio ao C2 com o emprego da funcionalidade Posição Futura da barca Ilha	46
3.9	Tela do Sistema de Apoio ao C2 com o emprego da funcionalidade Radar Gráfico	47
3.10	Tela da funcionalidade Radar Gráfico	48
3.11	Exibição do ícone da barca “Neves” mostrando sua posição, velocidade e direção	49
3.12	Resultado da ferramenta Radar	50
3.13	Reconstrução de posições demandadas	50
3.14		51
3.15	<i>Background</i> Carta Náutica	51
3.16	<i>Background</i> Mapa de Profundidade	52
3.17	<i>Background</i> Imagem Satélite	52
3.18	Modelagem da funcionalidade de Visualização	54
3.19	Modelagem da funcionalidade de Visualização	55
3.20	Modelagem da funcionalidade de Espectro Eletromagnético	55
3.21	Área de sombra no espectro eletromagnético	56
3.22	Área de Influência da 1_CiaCC	57
3.23	Área de Influência da 1_CiaCC voltada para outra direção	57
3.24	Posicionamento da 2_CiaCC exibido com o <i>background</i> de Mapa de Altura	59
3.25	Reconstrução do itinerário demandado pela “2_CiaCC” .	60
3.26	Vista frontal do colete	61

3.27	Vista de costas do colete	61
3.28	Tela da estação monitoradora com os ícones vermelho e azul apresentando as instâncias monitoradas	62
3.29	Informações de posição, velocidade e direção de uma instância monitorada	62
3.30	Área de influência da instância monitorada	63
3.31	Espectro eletromagnético da instância monitorada	63
3.32	Campo visual da instância monitorada	63
3.33	Medidas de coordenação e controle	64
3.34	Reconstrução do itinerario de uma instância monitorada	64
3.35	Simulação de posição futura de uma instância monitorada	65
3.36	Transmissão de vídeo e áudio entre a instância monitorada e a estação monitoradora	65
3.37	Simulação de vetoramento exibido em diferentes <i>backgrounds</i>	67
5.1	Simulador Tático de Infantaria Laser	71
5.2	<i>Flank Speed Simulator</i>	72

## Lista de tabelas

2.1	Filtro para inserção de dados no banco de dados	32
2.2	Custo dos principais componentes do Sistema de Apoio ao C2	38
A.1	Especificações do IgotU GT-600 (18)	76
A.2	Especificações do fit-PC2 (19)	77
A.3	Características do Modem Claro 3G – modelo E-226	77
A.4	Especificações da bateria <i>Tekkeon MP3450 R2</i> (20)	78
A.5	Especificações do monitor <i>MIMO</i> (21)	78