

AMAZONTECH

Estudos Interdisciplinares

Ensino de Engenharia

ISBN 978-65-00-08061-2

v. 1, n. 1 (2019)

www.revistaamazontech.com

AMAZONTECH
Estudos Interdisciplinares
Ensino de Engenharia
v. 1, n. 1 (2019)

ISBN 978-65-00-08061-2

www.revistaamazontech.com

Todos os direitos reservados e protegidos pela Lei Federal nº 9.610/98.

É proibida a reprodução total ou parcial sem a expressa anuência do autor.

Este livro foi revisado segundo o Novo Acordo Ortográfico da Língua Portuguesa.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

A485r Amaral, Cristiano Torres do.

Revista AmazonTech, v. 1, n. 1, / CRISTIANO TORRES DO
AMARAL (Org.). Porto Velho: AmazonTech, 2019. 80 p.:

eISBN: 978-65-00-08061-2

1. Engenharia 2. Tecnologia. I. Título. II. Autor.

CDU 621.3

CDD 620

Expediente

Periodicidade – semestral

Editor-Chefe

Dr. Cristiano Torres do Amaral
contato@professorcristiano.com

Editora Corporativa

Dra. Lilian Cristina Renna Alves Amaral
contato@revistaamazontech.com

Endereço

Telefone: (69) 98108-3175
contato@revistaamazontech.com

EDITORIAL

A primeira edição da AmazonTech – Revista de Estudos Interdisciplinares apresenta artigos que destacam trabalhos interdisciplinares no ensino tecnológico, profissional e cursos superiores de engenharia. Para tanto, o primeiro artigo contextualiza o leitor sobre os desafios didáticos para aplicação da interdisciplinaridade nos cursos de engenharias. Adaptamos este texto da apresentação sobre novas abordagens de ensino de engenharia realizada no 4º Encontro de Professores da Educação Superior da Rede Privada do Sindicato dos Professores da Iniciativa Privada, em Belo Horizonte. Em seguida, apresentamos artigos produzidos pelos grupos de pesquisa que organizamos em duas instituições de ensino de engenharia na Amazônia. Os grupos de pesquisa *Electra Startup* (ULBRA/RO - 2014/2017) e *MetroTech* (Metropolitana/RO - 2017/2019) foram responsáveis pela iniciação científica e primeiro emprego de dezenas de estudantes de cursos tecnológicos e engenharia no estado de Rondônia. Os estudantes destes grupos de pesquisas também foram premiados com as participações patrocinadas em diversos eventos, com destaque para apresentação de trabalhos interdisciplinares na *Campus Party* (2017) e congressos acadêmicos de defesa nacional promovidos pelo Ministério da Defesa (2014; 2015; 2017; 2019).

Prof. Dr. Cristiano Torres do Amaral
contato@revistaamazontech.com

S U M Á R I O

<i>Novas Abordagens no Ensino Superior: Potencialidades do Ensino Interdisciplinar nos Cursos de Engenharia.....</i>	<i>7</i>
<i>A Importância Estratégica de um Satélite Geoestacionário de Defesa e Comunicações no Confronto Cibernético.....</i>	<i>21</i>
<i>Instituições de Ensino Superior na Fronteira: Parceiros Potenciais da Indústria Nacional de Defesa na Implantação do SISFRON.....</i>	<i>36</i>
<i>Sistema de Busca e Salvamento Aeronáutico na Amazônia: Análise de Cenário e Potencialidades para Indústria Nacional de Defesa na Região Norte do Brasil.....</i>	<i>49</i>
<i>Oportunidades e Desafios para Uso de Realidade Aumentada como Recurso de Guerra Cibernética.....</i>	<i>66</i>

Novas Abordagens no Ensino Superior: Potencialidades do Ensino Interdisciplinar nos Cursos de Engenharia

Cristiano Torres do Amaral, Kelly Cotosky

Resumo: Texto que discorre acerca da atuação interdisciplinar dos docentes nos cursos de engenharia. Neste sentido os autores apresentam propostas de ação pedagógica para a prática de ensino integrada nos cursos de engenharia. Além disso, é realizada uma análise da atuação do engenheiro-professor no ensino superior.

Palavras-Chave: Engenharia, Ensino, Interdisciplinaridade.

1. Introdução

É comum nos cursos de ciências exatas a departamentalização, isto é, a divisão das diversas áreas do conhecimento em conteúdos distintos. Este processo promove uma segmentação das diversas áreas de ensino e, conseqüentemente, o conhecimento se torna um conjunto de informações desconexas, que não contribuem para o processo de ensino e aprendizagem (NASCIMENTO PINTO, 2002). Essa fragmentação do conhecimento ocorre de maneira significativa nos cursos de engenharia e influencia negativamente a formação do futuro profissional. Neste método, o engenheiro torna-se incapaz de analisar as inter-relações dos fatos sociais, e ainda, não consegue acompanhar o desenvolvimento do pensamento científico. Dessa maneira, o conhecimento é adquirido de forma desconexa, e o profissional não desenvolve a capacidade de realizar importantes associações no meio social, e por isso, torna-se um elemento frágil no mundo do trabalho.

Neste contexto, as novas abordagens pedagógicas sugerem métodos inclusivos e inter-relacionados do conhecimento. Um desses métodos consiste em propor um tema, geralmente desafiador, sobre o qual um grupo de educandos irá desenvolver um determinado

conhecimento. Neste método, o tema deverá ser pesquisado, analisado e problematizado pelos discentes. Além disso, o grupo de estudos é apoiado por um, ou mais tutores, que agem como facilitadores, discutindo e motivando o grupo.

No decorrer dos trabalhos, o grupo de estudos, discute com seu tutor os conteúdos encontrados, independentemente de uma determinada área do conhecimento. Ao final, o tutor faz uma abordagem não conclusiva, analisando as discussões propostas pelo grupo. Essa abordagem é não conclusiva porque o docente não pode delimitar a dimensão do conhecimento construído pelo grupo, e ainda, de maneira que não possa influenciar nas conclusões dos indivíduos que integram o grupo de estudos.

Trata-se de um método de ensino e aprendizagem antigo, o qual foi sugerido inicialmente pelo filósofo grego Sócrates (470 a.C. - 399 a.C.) para motivar o povo grego a propor questões (CALDWELL, 2005). Deste modo, seus discípulos eram estimulados a desenvolver métodos de pesquisa e construir um determinado conhecimento, independentemente à sua área científica.

O método evoluiu e foi empregado em diferentes épocas e lugares pelo mundo. Nas Universidades inglesas de Oxford e Cambridge, o discente é submetido à quatro etapas de construção do conhecimento multidisciplinar, as quais são elencadas a seguir: 1) pesquisa árdua; 2) exposição do conteúdo e argumentação consciente; 3) problematização, análise das discussões e reconhecimento de falhas; 4) reflexão e construção do conhecimento .

No Brasil, alguns pesquisadores denominaram esse método como Prática de Ensino Tutorial. Para muitos, o método tutorial têm grande potencial para ser adotado como instrumento de ação multidisciplinar (OLIVEIRA, 2002). Neste sentido, este texto avança nessa discussão, apresentando as potencialidades desse método, bem como as premissas a serem adotadas pelos docentes do ensino de engenharia. Além disso, a formação do docente também foi considerada, e por isso, será abordada em seguida. Ao final, são apresentadas propostas de ação interdisciplinar nos cursos de engenharia.

2. Discussão Teórica

2.1 Educação Tradicional

A educação no ensino profissional no âmbito das ciências exatas também está sujeita ao conhecimento proposto por J. Piaget e L. S Vygotsky (PERRENOUD, 2000). Neste sentido ressalta-se uma deficiência clara entre os professores nas ciências exatas para a prática de ensino que envolva o desenvolvimento de atividades em grupo. É preciso que os docentes estejam preparados para motivar seus alunos para os novos desafios no mundo acadêmico:

“O professor brasileiro enfrenta o desafio de mudar sua postura frente à classe, ceder tempo de aula para atividades que interagem diversas disciplinas e estar disposto a aprender com a turma”. (PERRENOUD, 2000)

Isso ocorre porque muitos alunos, e até mesmo professores, vêm, em seus colegas de classe, futuros adversários no mercado de trabalho. Assim, deixam de exercitar a camaradagem e o espírito solidário, comprometendo o convívio multidisciplinar e a construção do conhecimento. Algumas pessoas chamam isso de “Universidade da Vida” e a rotina acadêmica transforma-se em uma mera formalidade para a diplomação (OLIVEIRA, 2002).

Tais posturas ocorrem em todas as áreas do conhecimento, e por isso devem ser revistas. Além disso, esse problema também contribui negativamente para o método de ensino multidisciplinar, pois não é possível formar grupos de estudos ou trabalho coesos e solidários. Tal fato deve ser refletido nos cursos de engenharia, que devem ir além de ensinar “o aprender a fazer” e promover: “o aprender a conviver, o aprender a aprender e o aprender a ser” (DELORS, 1996).

Para tanto, as propostas de trabalho em grupo devem ser realizadas por meio de projetos que têm em si mesmos um papel

extremamente importante na formação do profissional. Uma proposta de projeto neste contexto deve ser assim sedimentada:

“Um projeto pode organizar-se seguindo um determinado eixo: a definição de um conceito, um problema geral ou particular, um conjunto de perguntas inter-relacionadas, uma temática que valha a pena ser tratada por si mesma (...) Normalmente, superam-se os limites de uma matéria.” (HERNANDEZ, 1996)

Nesta premissa, os discentes do grupo de estudo podem, e devem, ao longo do desenvolvimento do projeto, se reunir para elaborar roteiros, discutir opiniões, analisar resultados e preparar o conteúdo a se apresentado. Esses projetos de estudo possibilitam ainda uma avaliação formativa do conhecimento desenvolvido, uma vez que o conteúdo é alcançado de maneira gradual. Por meio de tais projetos pedagógicos, os educandos desenvolvem suas potencialidades, transpõem seus limites e têm a possibilidade de verificar a aplicabilidade dos conceitos teóricos abordados.

2.2 Teoria e prática no Curso de Engenharia

A abordagem pedagógica moderna nos cursos de engenharias adota um conceito de bidimensionalidade (OLIVEIRA, 2002), o qual aproxima a teoria à prática de ensino. O distanciamento entre esses dois alicerces do conhecimento compromete a formação do futuro profissional, uma vez que os conteúdos são abordados de maneira compartimentada e fragmentada no decorrer de sua carreira.

Para tanto, verifica-se que existe uma tentativa de formar o indivíduo com conhecimentos técnicos teóricos e práticos desconexos. Nesse ponto ressaltam-se as seguintes características (OLIVEIRA, 2002):

- a) Algumas instituições de ensino adotam um currículo tradicional, rígido e, geralmente, desvinculando conteúdos teóricos e práticos.

b) Algumas disciplinas, devido a compartimentação do conhecimento, não contribuem para o desenvolvimento das aulas teóricas e práticas interdisciplinares.

Tais características têm como consequência:

I) Ensaios práticos sem resultado pedagógico: As aulas práticas tornam-se um conjunto de atividades manuais, repetitivas, e na maioria das vezes, não conclusivas;

II) Aulas teóricas improdutivas: As lacunas com relação às associações e exemplos práticos não contribuem para a produção do conhecimento durante as atividades teóricas.

Além disso, não existe diálogo ou troca experiências, informações, entre professores e discentes, seja na atividade teórica ou prática. E o pior, algumas vezes, podem existir aprovações de discentes em disciplina prática ou teórica de maneira distinta. Assim, mesmo que o aluno não possua a habilidade de interpretar e analisar os experimentos, poderá ser considerado aprovado na disciplina prática sem os mínimos embasamentos teóricos, ou vice-versa.

Tal fato foi constatado nos Cursos de Engenharia Elétrica (COTOSKY, 2007), que em algumas disciplinas, tiveram suas aulas práticas excluídas do currículo escolar, e suas atividades incluídas em aulas integradas. Desse modo, verifica-se que algumas instituições de ensino superior optaram, para algumas disciplinas específicas, em dar sólidos conhecimentos teóricos e, ao mesmo tempo, consolidar os ensaios práticos no decorrer da formação acadêmica.

Contudo, a teoria quando discutida de maneira descontextualizada implica em aulas práticas desconexas e sem aplicação. Portanto, o docente deve considerar as particularidades do cotidiano profissional e promover uma constante discussão no seu grupo de estudo acadêmico.

2.3 A formação do Engenheiro-Professor

É relevante lembrar ainda que os professores das disciplinas de caráter tecnológico nos cursos de engenharia são, em sua grande maioria, engenheiros e, por conseguinte, sem formação acadêmica para desenvolver ou aplicar métodos de ensino e aprendizagem (BELLI, 2005). Diante disso, o professor domina um determinado conteúdo curricular, mas não possui didática suficiente para construir o conhecimento com seus alunos.

Trata-se de um obstáculo acadêmico a ser superado, uma vez que essa realidade é comum entre os professores de ensino de engenharia. Logo, deve-se preparar o engenheiro-professor para esse desafio, de maneira que o desempenho de suas atividades de práticas pedagógicas sejam maximizadas.

A Lei de Diretrizes e Bases da Educação e a Resolução nº 01 CNE/CP (Conselho Nacional de Educação/Conselho Pleno), de 18 de fevereiro de 2002, prevê algumas atribuições comuns aos professores das diversas esferas de ensino:

- a) “o ensino visando a aprendizado do aluno”;
- b) “o acolhimento e o trato da diversidade”;
- c) “o exercício de atividades de enriquecimento cultural”;
- d) “o aprimoramento em práticas investigativas”;
- e) “a elaboração e a execução de projetos de desenvolvimentos dos conteúdos curriculares”;
- f) “o uso de tecnologias da informação e da comunicação e de metodologias, estratégias e materiais de apoio inovadores”;
- g) “o desenvolvimento de hábitos de colaboração e de trabalho em equipe”.

No entanto, o professor de engenharia quando inicia suas atividades em educação, geralmente, não possui em seu currículo de formação disciplinas que o auxiliem no exercício da nova atividade. Ainda assim, as Diretrizes Curriculares para os cursos de graduação em Engenharia recomendam a formação de um profissional capaz de desempenhar, de forma humanística, o papel do engenheiro na sociedade ao qual está inserido.

Além disso, o engenheiro-professor deve estimular o desenvolvimento da consciência crítica e, também, habilidades para o uso das novas tecnologias. Os cursos de engenharia, portanto, devem preparar o profissional para o exercício da engenharia e, teoricamente, de maneira humanística.

Soma-se ainda à falta de aprendizado na área de ensino, a pouca experiência profissional daqueles que se deslocam para a área educacional. Isso ocorre porque alguns profissionais se entregam inteiramente aos cursos de formação *lato sensu* e *stricto sensu* para se dedicarem ao ensino. Logo, tal sistemática cria outro problema, esse relacionado com a pouca experiência profissional do futuro docente.

Ainda neste contexto, a Resolução n.º 11 CNE/CES, especificamente em art. 6º, dispõe sobre a adoção dos conteúdos básicos e profissionalizantes nos cursos de engenharia, e além disso, no art. 8º da Resolução em epígrafe, especificamente o §2º, dispõe o seguinte:

“O Curso de Graduação em Engenharia deverá utilizar metodologias e critérios para acompanhamento e avaliação do processo ensino-aprendizagem e do próprio curso, em consonância com o sistema de avaliação e a dinâmica curricular (...)” (Resolução n.º 11 CNE/Câmara de Educação Superior, de 11 de março de 2002).

Portanto, deve-se ainda considerar que são os docentes aqueles profissionais da educação com maior grau de consciência de si e, portanto, mais qualificados para promover a “Educação como Prática de Liberdade” (FREIRE, 1983). Os chamados “Trabalhos Práticos” são responsáveis pela reorganização psíquica e intelectual do futuro profissional. Logo, o docente deve encarar esse desafio de maneira consciente, e sabedor que poderá encontrar inúmeros obstáculos nessa dinâmica.

Para isso, o engenheiro-professor não pode fazer de suas aulas um monólogo, ao contrário, deve incentivar o diálogo com seus

alunos, pois “o diálogo fenomeniza e historiciza a essencial intersubjetividade humana” (FREIRE, 1983). Nesta prática de ensino, o engenheiro-professor supera toda a concepção bancária instituída e constrói uma licenciatura plena, capaz de proporcionar ao discente um pensar autêntico e autônomo.

Diante disso, os alunos dos cursos de engenharia devem ser resgatados da posição de meros “recipientes mecânicos e estáticos do conhecimento” (FREIRE, 1983). O professor deve inserir-se no cotidiano seus alunos, transformar o conhecimento em constantes ferramentas de sobrevivência, apresentando exemplos e caminhos a trilhar por seus alunos. O docente deve também superar o paradigma do chamado “Conhecimento Útil” e apagar todas as sombras e atitudes fatalistas que possam justificar o fracasso intelectual de seu grupo de estudo.

Trata-se de um paradigma, onde os futuros cidadãos estão sujeitos à uma metodologia pedagógica verticalizada, tradicional e sedimentada na educação bancária (FREIRE, 1983). Para romper com a “Cultura do Silêncio” e revolucionar o ensino neste segmento, o docente deve priorizar a interdisciplinaridade, e colocar a sociedade como fator preponderante, onde conhecimento é solidário e integrado entre as diferentes disciplinas.

Essa realidade apresenta um processo deficiente de formação técnica-acadêmica do professor nos cursos de engenharia. Neste processo, o papel de educador do docente não é valorizado, e o professor fica limitado ao repasse dos conhecimentos técnicos adquiridos, seja na graduação ou pós-graduação.

Contudo, o docente professor deve pautar-se no conteúdo central de sua disciplina, e ainda, em uma “visão ampla de educação” conferir potencialidades para atuação interdisciplinar. Para tanto, é preciso que os engenheiros-professores reflitam acerca de sua função social como educador, formador de cidadãos conscientes, críticos e capazes de transportar os saberes da sala de aula para a prática profissional e, principalmente, para suas vidas.

3. Interdisciplinaridade nos cursos de engenharia

As disciplinas nos cursos de engenharia são, na maioria das vezes, apresentadas para os alunos de forma desconexas uma das outras. Em oposição a isso está o futuro do profissional em engenharia, onde todas as áreas são integradas, os conhecimentos compartilhados e os profissionais de setores diferentes interagindo a todo instante. Logo, a interdisciplinaridade é fundamental para a formação acadêmica do engenheiro e pode ser assim definida:

“Interdisciplinaridade - Axiomática comum a um grupo de disciplinas conexas, e definidas no nível hierárquico imediatamente superior, o que introduz a noção de finalidade. Sistema de dois níveis e de objetivos múltiplos; coordenação procedendo do nível superior.”
(JAPIASSU, 1976)

Neste contexto, o engenheiro-professor, especialista naquilo que estudou, é capaz de reproduzir com sabedoria os conteúdos que domina. Contudo, falta a esse profissional correlacionar os conteúdos ministrados com os demais conteúdos curriculares que fazem parte do universo do futuro profissional.

Portanto, a interdisciplinaridade deve ser avaliada como um método de ensino essencial, urgente e possível. Muito tem sido discutido com relação à interdisciplinaridade, mas são poucas as ações com relação aos cursos de engenharia (OLIVEIRA, 2002). Algumas instituições têm adotado procedimentos neste sentido, como por exemplo, a integração obrigatória das atividades práticas e teóricas nas grades curriculares dos cursos de engenharia.

Um exemplo de conteúdos interdisciplinares nos cursos de engenharia elétrica são abordados nas disciplinas que envolvem os temas segurança e proteção (COTOSKY, 2007). Tais conteúdos abordam a prevenção contra danos e acidentes em circuitos elétricos, e por isso são comuns nos cursos de engenharia.

As disciplinas relacionadas aos princípios básicos e fundamentos de proteção estão presentes, em sua maioria, nas Instituições de Ensino Superior. Logo, tal conhecimento é unânime para o desenvolvimento de habilidades para a elaboração projetos e

estudos com segurança, independentemente de sua área específica de conhecimento, seja na graduação ou pós-graduação.

4. Proposta de Atividades Interdisciplinares

4.1 Implementação nos Cursos de Engenharia

As propostas de atividades interdisciplinares abrangem toda a vida acadêmica do futuro engenheiro, e têm como finalidade o desenvolvimento de competências técnicas aliadas a um conhecimento mais profundo de todos os conteúdos previstos para sua formação humanística. Trata-se de uma proposta pedagógica que sugere o desenvolvimento de tarefas multidisciplinares, as quais visam a produção do conhecimento e, principalmente, da autonomia intelectual dos discentes.

Nesta proposta interdisciplinar, os discentes são divididos em grupos de pesquisa, no início das atividades letivas, e ao longo de sua formação, os discentes desenvolvem estudos inter-relacionados. É importante ainda ressaltar a importância do docente, que deve acompanhar todo o processo de ensino e aprendizagem

No caso da engenharia elétrica, por exemplo, os grupos de projeto e atividades práticas podem avaliar as seguintes etapas relacionadas à proteção em sistemas elétricos: projetos de proteção; implementação desses projetos e análise da atuação da proteção; e elaboração de um documento técnico final comum para as duas áreas (teórico/prático). Para tanto, o documento final deve ser desenvolvido ao longo das atividades letivas, sob a orientação do(s) professor(es) orientador(es). Esse estudo, realizado pelo grupo de alunos, que tem como produto final um documento compartilhado, deve ainda ser apresentado para professores de outras áreas, demais colegas de curso e, principalmente, para convidados de outras áreas.

Ainda assim algumas considerações podem ser feitas:

- a) Estudo de caso: Diz respeito àquilo que envolve o tema geral, mas comum a cada grupo. Como exemplo, o que foi citado com relação à Proteção Elétrica;
- b) Levantamento das informações: Cada grupo busca as informações necessárias para o estudo específico de sua área;

c) Relatos para discussão técnica: Consiste na elaboração de resumos, contextualizações, análises, estudos e argumentação compartilhada entre os grupos.

d) Seminários com o professor: Nesta etapa os grupos devem apresentar os resultados obtidos na discussão técnica. Nos seminários, os grupos devem sustentar suas análises e posteriormente ouvir atentamente as críticas e sugestões do professor.

e) Seminários de defesa do projeto: Apresentação para a sociedade do conhecimento produzido na pesquisa.

As questões são levantadas e defendidas pelos discentes, de maneira semelhante ao método de ensino proposto pelo filósofo Sócrates. O professor deverá fazer a interligação entre todos os temas de pesquisa, correlacionando os aspectos teóricos, práticos e de outras áreas.

4.2 Outros fatores relevantes

A possibilidade de se trabalhar a interdisciplinaridade gera desconfiança para alguns profissionais do ensino, e para alguns, não funciona adequadamente. Esse tabu se deve pela verticalização e hierarquização do conhecimento (FREIRE, 1983). Para muitos, essa visão multidisciplinar, e as vezes holística, veem sendo colocada como negativa e prejudicial para o método tradicional de ensino e aprendizagem. No entanto, trata-se de um visão horizontal do processo de formação dos futuros engenheiros.

Neste novo método de ensino, existe uma necessidade de se produzir o conhecimento a partir de áreas distintas, mas inteiramente interconectadas. Além disso, no momento das apresentações, os convidados podem contribuir, através dos seus conhecimentos específicos, para a formação do futuro profissional, com opiniões, comentários e propostas de novos estudos. Essa é uma das maneiras de se aproximar os alunos e a universidade à sociedade.

A contextualização do conteúdo é de suma importância. É certo que não é possível contemplar todo o conteúdo técnico com uma contextualização abstrata. No entanto, é possível transportar os

discentes para um universo de conhecimento propício para seu desenvolvimento intelectual a partir de pequenas doses contextualização. Esse procedimento aprimora os conhecimentos teóricos desenvolvidos, promove a reflexão e questionamentos, além de análises e associações fundamentais.

Outro aspecto está relacionado com a crença na falta de infraestrutura das instituições de ensino superior, a qual não possibilitaria essa atividade interdisciplinar. Tal fato ocorre porque alguns docentes acreditariam que os laboratórios de ensaios práticos deveriam possuir uma grande diversidade de equipamentos e elementos para atuação integrada (COTOSKY, 2007). No entanto, o que definirá essa utilização ou deficiência na infraestrutura será a metodologia de ensino integrada a ser implementada. Por exemplo, em estudo recente verifica-se que grande parte dos docentes do ensino superior em engenharia elétrica se prende à discussões de exemplos teóricos em salas de aula. Contudo, apenas um pequeno percentual de professores utiliza dinâmicas de grupo ou trabalhos em equipe para a construção do conhecimento.

Logo, o método interdisciplinar requer a participação do professor além dos limites da sala de aula. Para tanto, é preciso que o docente transcenda o modelo educacional existente, e enxergue o aluno como um agente ativo no processo de ensino e aprendizagem.

5. Considerações Finais

Neste sentido, foram discutidas as propostas para abordagens pedagógicas interdisciplinares no ensino superior, em especial, no âmbito das engenharias. Essas propostas foram embasadas nas demandas dos futuros engenheiros e, principalmente, pela carência na sociedade de profissionais qualificados de maneira técnica e humanística.

Para tanto, foram consideradas as realidades das instituições de ensino superior, bem como os aspectos político-pedagógicos peculiares para cada disciplina. Neste processo foi proposto um “novo olhar” (FREIRE, 1983) sobre a prática ensino em engenharia.

Além disso, o nível de aprofundamento e especificidade de alguns conteúdos nesses cursos não ofereceriam condições para implementação dos métodos de ensino interdisciplinares. Contudo, cabe ao docente fazer essa avaliação, ainda que existam distinções nos conteúdos curriculares dos cursos de engenharia. Essa análise culminará em temas comuns, adequados para atuação multidisciplinar. Logo, verifica-se a importância do docente neste processo, o qual tem papel fundamental na construção do conhecimento compartilhado.

Diante disso, o papel o engenheiro-professor deve ser revisto, uma vez que o docente possa adquirir condições satisfatórias para atuar no segmento educacional. Neste processo, o docente precisa desenvolver habilidades para construção desse método de ensino e, ainda assim, conseguir atuar de maneira relevante na construção do conhecimento.

Por fim, uma proposta de abordagem interdisciplinar nos cursos de engenharias pode ser realizada a partir da criação de grupos de estudos integrados. Tais grupos podem atuar de maneira contínua, ou mesmo temporária, durante o período de formação acadêmica do futuro engenheiro. Portanto, essas medidas contribuiriam para o desenvolvimento do conhecimento, e ainda, para a formação do espírito solidário e companheiro desse segmento profissional.

6. Referências Bibliográficas

BELLI, J. R. **Do bacharelado a licenciatura – como preparar a formação do professor engenheiro**. Florianópolis: Universidade do Estado de Santa Catarina/Centro de Ciências Tecnológicas/Depto de Ciências Básicas e Sociais, 2005

BRASIL. **Lei Federal n.º 9.394, de 20 de dezembro de 1996**. Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional.

BRASIL. **Resolução n.º 1 do Conselho Nacional de Educação (CNE)**, de 18 de fevereiro de 2002. Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação de Professores da Educação Básica, em nível superior, curso de licenciatura, de graduação plena.

BRASIL. **Resolução n.º 11 do Conselho Nacional de Educação** (CNE), de 11 de março de 2002. Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia.

CALDWELL, Taylor. **Médico de Almas e de Homens - A história de São Lucas**. São Paulo: Editora Record, 2005.

COTOSKY, Kelly. **Proteção de Sistemas Elétricos: Uma abordagem Técnico-Pedagógica** - Dissertação de Mestrado. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2007.

DELORS, Jacques (Coord.) – **Learnong: The treasure within. UNESCO – Report of the International Commission on Education for the twenty-first Century**. Genebra: UNESCO, 1996.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia do Oprimido, 16ª Ed.** RJ: Editora Paz e Terra Ltda., 1983.

HERNÁNDEZ, F.; Ventura, M. A organização do currículo por projetos de trabalho **In: O conhecimento é um caleidoscópio**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.

JAPIASSU, H. **Interdisciplinaridade e Patologia do Saber**. Rio de Janeiro: Imago, 1976.

NASCIMENTO PINTO, D. P. **Educação em Engenharia-Metodologia**. São Paulo: Editora Mackenzie, 2002.

OLIVEIRA, Vanderli Fava. **Teoria, prática e contexto no curso de engenharia**. São Paulo: Editora Mackenzie, 2002.

PERRENOUD, P. Construindo Competências **Revista Nova Escola – v. 15 - n 135**. São Paulo: Editora Abril, set 2000, p.19-21.

A Importância Estratégica de um Satélite Geoestacionário de Defesa e Comunicações no Confronto Cibernético

Cristiano Torres do Amaral; Glenda Kelly Arruda Martins; Lorrana Jhulian Alves Batista; Nicole Nogueira da Silva; Vanessa Gabriela Souza Pinto; Vanessa Moriana de Carvalho Barbosa

Resumo: Este artigo apresenta um breve histórico da construção do primeiro Satélite Geoestacionário de Defesa e Comunicações (SGDC) no país. O texto descreve inicialmente a importância dos satélites militares e as aplicações de defesa, bem como seu uso como garantia de independência tecnológica. Em seguida, os autores abordam os principais objetivos e aplicações do Programa Estratégico de Sistemas Espaciais (PESE) e também destacam os interesses e argumentos que sustentam a necessidade de possuir um sistema seguro de comunicações em um cenário de guerra cibernética. Por fim, são enfatizadas as principais aplicações do sistema de comunicação por satélite no contexto militar, em uso operacional, integrando um Centro de Coordenação e Controle, e ainda, como apoio logístico das forças armadas.

Palavras chaves: Comunicações Críticas; Guerra Cibernética; Guerra Eletrônica.

INTRODUÇÃO

A dependência da tecnologia no mundo vem se prolongando desde as primeiras décadas da era moderna e as invenções que mudaram o modo de vida e produção da sociedade também se tornaram alvo de uma guerra travada em um ambiente virtual. Os conflitos de uma guerra cibernética buscam bloquear, monitorar e intervir ações inimigas utilizando recursos eletrônicos (AMARAL, 2017). Um dos marcos dessa guerra eletrônica foi o início da corrida da espacial durante a Guerra Fria (1945-1991). Nesse período houve grande avanço nas pesquisas com aplicações militares, impulsionando a evolução tecnológica no lançamento de satélites artificiais para comunicações e monitoramento das nações inimigas (AMARO, 2013).

O primeiro satélite artificial da história foi o Sputnik 1, lançado pela União Soviética em 1957. A sua função principal era transmitir um sinal piloto (*beacom*) para um receptor de rádio no continente. Foi através deste sinal que foi identificada a mais alta camada da atmosfera e possibilitou o conhecimento sobre a distribuição de sinais de rádio na ionosfera. Com o passar dos anos o avanço da tecnologia possibilitou o lançamento de satélites de comunicação, astronômicos, meteorológicos e militares. O Brasil, inclusive, criou a sua agência espacial, por meio do Ministério da Ciência Tecnologia Inovações e Comunicações (MCTIC) em 1994. Na atualidade, os principais satélites brasileiros são os Satélites de Coleta de Dados - SCD-1 e SCD-2 - com o objetivo de obtenção de dados ambientais e os Satélites Sino-Brasileiros de Recursos Terrestres - CBERS 1 e CBERS 2, lançados em parceria com a China para coleta de dados urbanos e de desmatamento por meio de sensoriamento remoto. Para comunicação e tráfego de dados existem os satélites da série *Star One*, gerenciados por uma empresa privada (INPE, 2017).

A força de uma nação está diretamente relacionada com a sua tecnologia, bem como a sua capacidade de gerenciar os meios de

comunicação. Em uma guerra cibernética os satélites são utilizados como *interfaces* para obter e transmitir informações entre os aliados e, portanto, são estratégicos na evolução no conhecimento científico e militar. A ausência de mecanismos seguros e confiáveis de comunicação tornam um país vulnerável, bem como contribui na dependência tecnológica, falta de autonomia de suas ações militares, limitação e restrição de cobertura do controle de seus espaços e fronteiras. Um Satélite Geoestacionário de Defesa e Comunicação (SGDC) possibilita a plena gestão das comunicações, bem como proporciona o desenvolvimento de tecnologias que podem ser exploradas pela indústria nacional de defesa (BRASIL, 2017).

Neste sentido, este texto apresenta uma breve reflexão acerca da importância de um satélite geoestacionário nacional com aplicações de defesa. É de extrema importância ao nosso país o domínio dessa tecnologia e, em um cenário de guerra cibernética, as Forças de Defesa devem estar preparadas para proteger o território nacional de qualquer tipo de ameaça, seja no mundo físico quanto no mundo virtual.

INVESTIMENTO

A Estratégia Nacional de Defesa (END) estabelece as diretrizes para preparação e capacitação adequada das Forças Armadas. Essas diretrizes orientam os Comandos Militares na organização da Indústria Nacional de Defesa, garantindo o domínio das tecnologias mais avançadas e formação de recursos humanos. No início de 2017, o governo Federal apresentou ao Congresso Nacional a Lei de Diretrizes Orçamentárias, onde prevê um repasse de R\$ 94 bilhões para manutenção e investimento no âmbito do Ministério da Defesa.

Estes recursos devem financiar projetos controlados pela Administração Central do Ministério da Defesa, os quais receberão um repasse de mais R\$ 545 milhões. Estes investimentos atendem aos interesses das três Forças e buscam fomentar diferentes áreas da

indústria de defesa. Por exemplo, o projeto H-X BR prevê a aquisição de 50 helicópteros de transporte EC-725 para uso da Marinha, do Exército e da Aeronáutica. Além desse projeto, o Ministério da Defesa também deverá investir em um Satélite Geoestacionário de Defesa e Comunicação Estratégicas (SGDC). Este projeto tem previsão de receber um repasse de R\$ 60 milhões.

O SGDC é um projeto audacioso e tem por objetivo prover meios seguros e soberanos para comunicações estratégicas e de defesa, além de trazer ao país tecnologias espaciais com aplicações militares, por meio de programas de transferência e absorção de tecnologia. Este será o primeiro satélite a ser totalmente controlado por instituições brasileiras, proporcionando ao Brasil pleno domínio das comunicações satelitais no território nacional.



Figura 1. Desenvolvimento do Satélite Geoestacionário de Defesa e Comunicação

Fonte: Adaptado de Visiona, 2017.

O SGDC também possibilitará o acesso à internet em áreas isoladas. Por esse motivo o projeto faz parte do Plano Nacional de Banda Larga (PNBL). A ideia é a cobertura de serviços de internet em todo o território nacional, de forma a promover a inclusão digital para todos os brasileiros. Este satélite deverá fornecer uma plataforma dual de tráfego de dados, habilitando a implementação de

um sistema de comunicações para o governo brasileiro, as Forças Armadas e empresas privadas.

O projeto do SGDC é conduzido pelo consórcio brasileiro denominado *Visiona*, composto pelas empresas Embraer e Telebrás. A execução do projeto foi prevista em uma licitação internacional, vencida pela empresa franco-italiana *Thales Alenia Space* e o laboratório de desenvolvimento pode ser avaliado na Figura 1. O aspecto central do edital foi a transferência de tecnologia. Foram capacitados mais de cinquenta técnicos e engenheiros brasileiros durante o processo de desenvolvimento do SGDC. A cadeia de produção contou ainda com inúmeras empresas brasileiras. Até a conclusão do projeto, serão lançados três satélites, sendo o último integralmente fabricado no Brasil (VISIONA, 2017).

O SGDC deverá utilizar tecnologia em uma faixa de comunicação restrita, conhecida como banda X. Cerca de 25% da capacidade total do satélite será destinada ao uso militar com exclusividade. Essa reserva facilitará as condições para fiscalização da nossa fronteira, uma vez que possibilitará o acesso de canais de tráfego de voz, dados e imagem com exclusividade. A reserva técnica também será utilizada pelo governo para tráfego de internet banda larga nas regiões de difícil acesso. A região Norte do Brasil deverá ser a grande beneficiada pelo SGDC, por isso será disponibilizada uma parcela de banda larga de alta capacidade para essa finalidade (BRASIL, 2017).

As comunicações militares nos dias de hoje utilizam a banda X em dois satélites privados, por meio de aluguel de *transponders* (canais de satélite para intercomunicação). Esta locação tem um custo anual estimado em R\$ 13 milhões, entretanto, com a operação do SGDC este recurso poderá ser redirecionado para outras finalidades. Além da economia, o tráfego das comunicações dos órgãos do governo consideradas estratégicas deverão adotar alto grau de sigilo e segurança. Nesse caso, a rede de satélites SGDC disponibilizará aplicações tipo ponto-a-ponto e ponto multiponto/área (VISIONA, 2017).

O SGDC está integrado ao Programa Estratégico de Sistemas Espaciais (PESE) e deve atender, no campo militar, à modernização

de variados sistemas atualmente em operação. O SGDC deverá compor o Sistema de Defesa Aeroespacial Brasileiro (SISDABRA), o Sistema de Enlaces de Digitais da Aeronáutica (SISCENDA), o Sistema de Comunicações Militares por Satélite (SISCOMIS), o Sistema Militar de Comando e Controle (SISMC2), e outros que estão em fase de planejamento ou implantação, como o Sistema Integrado de Monitoramento das Fronteiras (SISFRON) e o Sistema de Gerenciamento da Amazônia Azul (SisGAAz). Também está prevista a utilização em apoio às ações de prevenção e resposta em casos de grandes desastres naturais e ambientais, com o suporte do Sistema de Proteção da Amazônia (SIPAM).

O SGDC APLICADO NA GUERRA CIBERNÉTICA

O Brasil tem cerca de 17 mil quilômetros de fronteiras com dez países sul-americanos, e por falta de monitoramento, o tráfico de drogas, de armas e a exploração sexual infantil tem se tornado cada vez mais comum. Para coibir esses atos ilícitos e proteger nossas fronteiras o Exército Brasileiro criou o Sistema Integrado de Monitoramento de Fronteiras (SISFRON). Em um primeiro momento, as comunicações do SISFRON podem ser incorporadas pelo SGDC, integrando o Sistema de Comunicações Militares por Satélite (SISCOMIS). Essa integração auxiliará o processo de mobilidade e presença da Força Terrestre (HOREWICZ, 2014).

Segundo o planejamento de projetos estratégicos de defesa:

Tecnologias de ponta serão usadas que com a ajuda de satélites e radares, farão varreduras territoriais, enviando informações codificadas para agentes que, em tempo real, serão capazes de abordar criminosos que agem à luz do dia ou sob o manto do luar. Além de garantir maior segurança para seus cidadãos, o SISFRON promoverá avanços para a indústria brasileira e gerará empregos no país. A maior parte dos equipamentos e tecnologias usadas (75%) é nacional e será fabricada no Brasil.

Apenas para a primeira fase do Sistema, já foram gerados cerca de 390 empregos diretos e mais de 1,5 mil indiretos. (MINISTÉRIO DA DEFESA, 2017).



Figura 2. Estações terrenas de enlace satelital do Exército Brasileiro
Fonte: Adaptado de Silva, 2013.

O segmento terrestre do SISCOMIS é constituído de circuitos de enlace de dados digitais, interligando pontos de comunicação militares no teatro de operações. A Figura 2 apresenta um conjunto de equipamentos (Módulo de Telemática Operacional) que disponibiliza o acesso às estações terrenas do enlace satelital. São essas estações terrenas que viabilizam as comunicações dos Centros Integrados de Controle Operacional. A comunicação terrestre é restrita, por isso a importância dos pontos de comunicação por satélite. Através do Satélite Geoestacionário de Defesa e Comunicação (SGDC) ocorrerá a ampliação da capacidade satelital do SISCOMIS, bem como o aprimoramento para as comunicações

militares em banda X, protegendo as comunicações militares de ataques cibernéticos (HOREWICZ, 2014).

Os Veículos Aéreos Não-Tripulados (VANTs) também poderão ser integrados aos sistemas de comunicação do SGDC, ampliando a cobertura e o monitoramento da faixa de fronteira. Estes equipamentos podem ser interligados a comunicação por satélite aumentando a sua autonomia e transmitindo em tempo real os dados levantados em campo. Em um cenário de guerra eletrônica com ataques cibernéticos é possível vislumbrar a importância de um link de comunicação entre os VANTs e uma rede satelital, uma vez que os dados não são armazenados no dispositivo e, no caso de captura ou abate, não haverá perda de informação para o inimigo. Não trata de uma hipótese, mas uma possibilidade real. O caso mais famoso ocorreu em 2011, quando um *ScanEagle* estadunidense foi capturado pelas forças iranianas. Houve perda de dados do levantamento militar que foi realizado, além do desgaste com a imagem da instituição. As forças iranianas também realizaram a engenharia reversa do *drone* RQ-170 *Sentinel*, deixando a tecnologia vulnerável e causando enorme prejuízo a Indústria Nacional de Defesa (Figura 2).



Figura 3. VANT capturado pelo IRAN em 2011

Fonte: Adaptado de RFERL, 2011.

SISTEMA DE COMANDO E CONTROLE

Um Sistema de Comando e Controle com apoio de uma rede de comunicação por satélite pode auxiliar as autoridades no processo decisório, bem como garantir o fluxo de informações em uma estrutura segura e confiável com maior agilidade. O Sistema de Comando e Controle integrado por satélite pode compartilhar imagens de câmeras de monitoramento em diferentes pontos do território nacional, em tempo real, bem como envio de mensagens de textos, e-mails e documentos de apoio à tomada de decisão direta no campo de batalha.

Um Centro de Comando e Controle das forças militares pode gerir um sistema de segurança integrado com todos os recursos tecnológicos de segurança pública, agregando meios disponíveis de áudio, vídeo e dados. Essa interoperabilidade auxilia a coordenação das atividades com os órgãos públicos na aplicação da Garantia da Lei e da Ordem (GLO) (Figura 4). Todos os órgãos envolvidos na aplicação da GLO podem ter acesso aos dados de crime organizado, exploração sexual, criminalidade na fronteira, terrorismo, organizações extremistas, fraudes e todo o tipo de ameaças que estão registrados nos sistemas de monitoramento de inteligência e defesa, os quais são compartilhados em canais de comunicação por satélite em qualquer ponto do território nacional. Esse compartilhamento por satélite restrito garante a integridade e reforça a restrição aos ataques cibernéticos de *hackers*.

Diferentes centros de defesa e segurança pública já foram implantados no país e, em 2012, o Ministério da Defesa, por meio do Exército Brasileiro investiu R\$ 400 milhões na criação de seu Centro de Defesa Cibernética. Durante a Copa do Mundo de Futebol FIFA 2014 e nas Olimpíadas do Rio de Janeiro em 2016 foram criadas unidades remotas de coordenação e controle, as quais funcionaram, em grande parte, com enlaces de comunicações terrestres para interligação aos pontos no território nacional. Isso representa certa

vulnerabilidade de uma rede militar de comunicação e um SGDC poderá ampliar a cobertura das operações, bem como oferecer mobilidade aos pontos de controle e monitoramento com maior confiabilidade e integridade (AMARAL, 2017).



Figura 4. Centro de Comando e Controle Militar
Fonte: Adaptado de Silva, 2013.

Em crimes cibernéticos e uso não autorizado de sistema de tecnologia da informação, o Sistema de Comando e Controle que utiliza rede de comunicação por satélite estará em um plano de acesso independente e pode ser utilizado para detecção da fonte de ataque, monitoramento das tecnologias existentes e redes de comunicação em uso pela tropa. Neste centro com apoio do SGDC, os ataques que utilizam o espectro eletromagnético e o espaço cibernético são monitorados em tempo real, alimentando as atividades de inteligência de sinais e de operações em rede (MINISTÉRIO DA DEFESA, 2015).

A implantação de um Centro de Comando e Controle militar segue etapas decisórias que dependem de uma comunicação confiável e segura. A primeira etapa é no setor de *Instalações*, que podem ter uma estrutura fixa ou móvel. Para uma estrutura fixa existem canais de comunicação terrestre, entretanto, para comunicações móveis é de fundamental importância um canal por satélite. A segunda etapa é no setor de *Comunicações*, que também depende de um satélite para maior eficiência. A comunicação por

satélite possibilita a interligação das autoridades envolvidas no processo decisório com acessos diferenciados por meio de rádio, rede telefone pública e VPN (*Virtual Private Network*). A integração ágil desses sistemas é feita por canais satelitais seguros, com disponibilidade de banda e tráfego 24x7. Na terceira etapa, o setor de *Procedimentos* prevê os níveis de acesso aos serviços de voz, dados e imagens nas mensagens operacionais e comunicação entre Centros, bem como toda a engenharia social da operação. Por fim, o setor de *Equipamentos* define a alocação dos equipamentos, tais como viaturas, *shelter*, equipamentos de TI, mobiliários para montagem, geradores de energia, equipamentos de segurança eletrônica, entre outros recursos necessários para implantação do Centro de Comando e Controle integrado por canais de comunicação por satélite. Este conjunto ações, integradas em etapas, podem garantir a instalação, especificação de equipamentos, comunicações, doutrinas, procedimentos e pessoal essenciais para uso operacional do SGDC (SILVA, 2013).

APOIO À LOGÍSTICA OPERACIONAL

A comunicação disponibilizada pelo SGDC pode garantir a segurança e integridade de informações estratégicas, uma vez que seu controle será realizado no Brasil em estações localizadas em áreas militares, sob a coordenação do Ministério da Defesa. O Ministério da Defesa deverá executar o planejamento, a coordenação e a integração das atividades voltadas para o uso dos enlaces de comunicações e sensoramento remoto por meio de plataformas espaciais integradas e terrestres. Estes sistemas podem ser aplicados para ampliar o apoio logístico operacional das forças militares, informando em tempo real a posição, deslocamento, rotas alternativas, entre outros importantes atributos para mobilidade logística operacional.

A comunicação entre veículos, aeronaves e embarcações utilizando o SGDC também será ampliada, disponibilizando cobertura e suporte na fronteira, bem como em localidades críticas, tais como na Colômbia, Bolívia e Venezuela. O SGDC representa a

oportunidade de integração e acesso de uma rede de voz, dados e imagens para toda a frota das forças que estiver em deslocamento no país. Isso é muito importante para o Brasil, uma vez que assegura a soberania em suas comunicações estratégicas, tanto na área civil quanto militar. Um bom exemplo disso será observado nas operações conjuntas em regiões de fronteira, onde diferentes pontos do território, seja no meio terrestre, aéreo ou aquático (Figura 5), estarão interligados por canais independentes de comunicação por satélite.



Figura 5. Ação da Marinha do Brasil no Pantanal
Fonte: Adaptado de Silva, 2013.

Além das operações de rotina, ações eventuais também poderão utilizar o SGDC, como operações de resgate em alto-mar e/ou na selva Amazônica. O satélite será fundamental para rastreamento de unidades a deriva ou avariadas. Os dados recebidos e enviados pelo satélite permitem o monitoramento dos veículos, embarcações e aeronaves para além das regiões costeiras e da fronteira, em tempo real e de forma acessível, como também possibilita rastrear com precisão a posição, rotas, etc., facilitando o trabalho das autoridades portuárias e as agências do governo.

Também existe a aplicação no controle do espaço aéreo. O satélite poderá enviar e receber dados de localização, agilizando a gestão de rotas aéreas e contribuindo para o monitoramento de

aeronaves clandestinas utilizadas para tráfico de drogas e de pessoas, contrabando de armas, entrada e saídas de mercadorias ilegais.

A comunicação por satélite nas comunidades isoladas que não possuem comunicação na floresta Amazônica será um diferencial, proporcionando infraestrutura básica para acesso à assistência médica, suprimentos e internet. Outros benefícios da comunicação disponibilizada pelo SGDC será o sensoriamento remoto, que possibilita o acesso, controle e monitoramento remoto dos ativos do Estado em locais isolados, reduzindo custos e melhorando a gestão. Todos esses recursos serão gerenciados pelo Ministério da Defesa, sem nenhuma intervenção da iniciativa privada, prevalecendo os interesses nacionais e de defesa no seu controle.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nos últimos anos, o avanço tecnológico tem servido a diversas áreas da sociedade, inclusive no âmbito da defesa de um país. Contudo, além de aliada, a tecnologia pode se tornar uma arma nas mãos de nações inimigas, por isso não pode ser desprezada. A nação que possui tecnologia avançada tem boa vantagem em relação às outras. A utilização de satélites como ferramenta de apoio à defesa cibernética é uma estratégia que vem sendo implementada por diversos países. Um satélite de defesa representa uma vantagem importante no teatro de operações, uma vez que é possível antecipar as ações de ataque e contra-ataque, inteligência e contrainteligência eletrônica.

O Brasil tem investimentos sólidos no SGDC como estratégia de defesa. O SGDC deverá contribuir no monitoramento das fronteiras brasileiras e será um grande salto tecnológico para o domínio da tecnologia de satélites, em termos de aquisição e de transferência de tecnologia. Ele também garantirá a segurança nas comunicações, a integridade e redução de vulnerabilidade das telecomunicações em um momento de crise.

O SGDC será um importante passo para o Brasil que deverá fazer parte do seleto grupo de países que contam com seu sistema de

comunicações militares independente, reduzindo a necessidade de locação de equipamentos de empresas privadas e gerando economia nas contas de custeio do governo. Além disso, a Indústria Nacional de Defesa poderá formar seus recursos humanos e preparar-se para o desenvolvimento de outras soluções tecnológicas de uso militar, incrementando seu potencial de exportação e substituindo as importações onerosas das forças armadas. Por esse motivo, a sociedade deve apoiar a continuidade de investimentos para o setor aeroespacial e torcer pelo sucesso do SGDC.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

AMARAL, C. T. **Guerra Cibernética: projetos e soluções para segurança pública e defesa nacional.** Disponível em <www.professorcristiano.com> Acesso em 24 abr. 17.

AMARO, L. P. O Batalhão de Comunicações e Guerra Eletrônica no Exército Brasileiro, uma nova estrutura de capacidades. **In: Revista Doutrina Militar Terrestre ed. 4 out. a dez.** DF: Meridional, 2013. BRASIL. Portal Brasil - **Satélite geoestacionário contribui para a ampliação da banda larga no País.** Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/ciencia-e-tecnologia/2017/03/satelite-geoestacionario-contribui-para-a-ampliacao-da-banda-larga-no-pais>> Acesso em: 18 abr. 17.

HOREWICZ, M. C. **Emprego de Comunicações por Satélite no SISFRON - 2014.** Disponível em: <<http://redebie.decex.ensino.eb.br/vinculos/00000a/00000a29.pdf>> Acesso em 18 abr. 17.

INPE. **Satélites Brasileiros.** Disponível em: <<http://www.inpe.br/crc/satelites.php>> Acesso em: 18 abr. 17.

MINISTÉRIO DA DEFESA. **Orientações para uso da Capacidade Satelital do SISCOMIS.** Brasília: 2014.

MINISTÉRIO DA DEFESA. **Doutrina Para o Sistema Militar de Comando e Controle.**

<http://bdex.eb.mil.br/jspui/bitstream/123456789/158/1/MD31_M03.pdf> Acesso em: 23 abr. 17.

MINISTÉRIO DA DEFESA. **Projetos estratégicos de defesa.** Disponível em <http://www.defesa.gov.br/arquivos/industria_defesa/projetos_estrategicos/projetos_estrategicos_portugues.pdf> Acesso em: 18 abr. 17.

MINISTÉRIO DA JUSTIÇA. **Planejamento Estratégico De Segurança Pública E De Defesa Para A Copa Do Mundo Fifa Brasil** 2014.

<<http://www.seguranca.mt.gov.br/UserFiles/File/ASSCOM/Plano%20Estrategico%20SESGE.pdf>> Acesso em: 23 abr. 17.

RFERL. **Iran Says No To Returning U.S. Drone, But Hints At Deal.** Disponível em:

<http://www.rferl.org/a/us_iran_drone_deal/24418300.html> Acesso em: 18 abr. 17.

SILVA, S. A. D. Centro de Comando e Controle Militar para operações terrestres. **In: Revista Doutrina Militar Terrestre ed. 4 out. a dez.** DF: Meridional, 2013.

VISIONA. **Sistemas Espaciais – O SGDC.** Disponível em <<http://visionaespecial.com.br/sgdc>> Acesso em: 18 abr. 17.

Instituições de Ensino Superior na Fronteira: Parceiros Potenciais da Indústria Nacional de Defesa na Implantação do SISFRON

Cristiano Torres do Amaral
Allana Araújo; Daniele Ferreira; Edu Santos; Érica Araújo;
Wellington Neves

Resumo: Artigo que apresenta uma breve discussão acerca da contribuição das Instituições de Ensino Superior (IES) localizadas em área de fronteira para instalação do Sistema Integrado de Monitoramento de Fronteiras (SISFRON). Inicialmente é feita uma descrição do Projeto Piloto do SISFRON e de sua importância para o país. Também são comentadas as limitações da indústria nacional para execução do projeto, em especial, a escassez de profissionais especializados em tecnologia da informação e comunicação. Em seguida, são apresentados exemplos de aplicações do Ensino a Distância (EAD) para potencializar a formação de mão de obra em tecnologia. Nessa argumentação também é descrita a experiência didática do Instituto Luterano de Ensino Superior de Porto Velho (ULBRA) em EAD. Por fim, os autores esclarecem como a contribuição das IES pode fomentar o mercado de trabalho na fronteira e impulsionar a indústria nacional de defesa com o SISFRON.

Palavras-chave: Indústria de defesa; SISFRON; ensino a distância.

1. Introdução

Nos últimos anos o Brasil está marcando presença no cenário global como uma das mais promissoras nações em desenvolvimento.

Além do crescimento da economia, redução dos indicadores de vulnerabilidade social, o país também está presente em diferentes ações diplomáticas. Na América do Sul, principalmente, essas ações envolvem a mediação de conflitos políticos e econômicos, bem como intervenções humanitárias. Este posicionamento é estratégico, uma vez que o Brasil é um país continental, o qual possui fronteira com dez países da América do Sul (Argentina, Bolívia, Colômbia, Guiana, Guiana Francesa, Paraguai, Peru, Suriname, Uruguai, Venezuela).

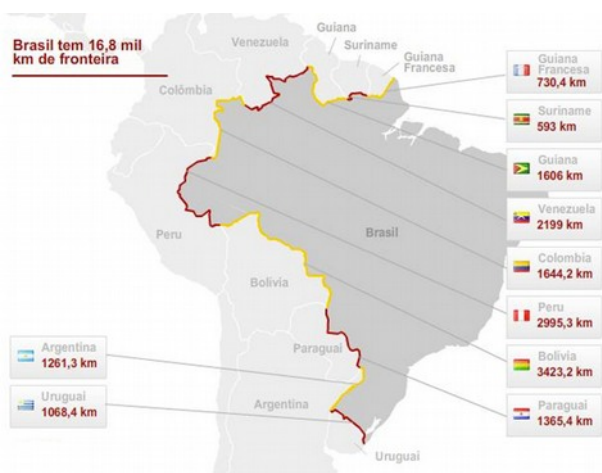


Figura 1: Limites de Fronteira entre o Brasil os Países Sul-Americanos

Fonte: Adaptado de CCOMGEX, 2014.

De acordo com a legislação vigente, a faixa de fronteira brasileira com os países da América do Sul se estende ao longo de 16.886 km de extensão (Figura 1). Esta faixa contempla 588 municípios de 11 unidades da federação: Acre, Amapá, Amazonas, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Pará, Paraná, Rio Grande do Sul, Rondônia, Roraima e Santa Catarina. A faixa de fronteira possui cerca 27% do território brasileiro, com uma população estimada em mais de 10 milhões de habitantes. Os números censitários deste território descrevem sua importância estratégica e social, justificando

todos os investimentos da União na preservação de sua integridade (IBGE, 2010).

Entre os investimentos mais recentes, destaca-se o Sistema Integrado de Monitoramento de Fronteiras (SISFRON) (Figura 2). Ao final de 2013, o Governo Federal, por meio do Ministério da Defesa, deu início à instalação de um sistema de vigilância audacioso e inédito. O SISFRON fará parte do Sistema de Comando e Controle da Força Terrestre (SC2FTer) reunindo diferentes recursos tecnológicos para integração das forças militares brasileiras e outros órgãos governamentais na gestão e proteção da fronteira brasileira na América do Sul (CCOMGEX, 2014).



Figura 2: Logomarca do SISFRON

Fonte: CCOMGEX, 2014.

O Projeto Piloto do SISFRON prevê a instalação de diferentes subsistemas de coordenação e controle: *Subsistema de Sensoriamento Remoto*; *Subsistema de Apoio a Decisão*; *Subsistema de Atuação*; *Subsistema de Segurança da Informação*; *Subsistema de Logística*; *Subsistema de Simulação* e *Subsistema de Tecnologia da Informação e Comunicações*. Estes subsistemas atuarão de maneira integrada, com interoperabilidade, para coletar, armazenar, processar e distribuir dados necessários à gestão das atividades governamentais no perímetro de fronteira (CCOMGEX, 2014).

A instalação, execução e manutenção do SISFRON deverá envolver pessoal altamente qualificado e especializado em engenharia telecomunicações e computação. De acordo com estudos recentes, atualmente, existe uma demanda por 200.000 engenheiros em todo o país para atender os investimentos e obras nos próximos anos. É preocupante a possível ausência destes profissionais para execução do Projeto Piloto do SISFRON, sendo necessários investimentos específicos para formação e qualificação (CARDOSO, 2008).

O Programa “*Ciências Sem Fronteiras*” apresenta-se como uma dessas importantes ações governamentais de formação e qualificação especializada. Contudo, a execução do SISFRON exige quantidade considerável de mão de obra especializada, qualificada e treinada para execução de projetos em área de fronteira, isto é, principalmente em áreas isoladas, tais como na floresta Amazônica e Pantanal. Além disso, essa demanda precisa ser suprida rapidamente no biênio 2014-2015.

Neste cenário de carência de mão de obra especializada e urgência de implantação do sistema de vigilância e monitoramento na fronteira, verifica-se a fragilidade e limitação da indústria nacional de defesa. Existem poucos profissionais especializados e a instalação dos sistemas de defesa é urgente. Ainda assim, entre esses desafios e obstáculos existem possibilidades e recursos que a indústria de defesa nacional pode explorar e potencializar com o auxílio das IES. Por exemplo, durante a instalação e execução do projeto piloto, concomitantemente, é possível criar células de formação e multiplicação do conhecimento no território de fronteira. A integração entre a indústria de defesa e IES pode resultar no desenvolvimento de ações que acelerem o processo de capacitação de recursos humanos para o SISFRON.

2. As Instituições de Ensino Superior e as Células de Aprendizagem

De acordo com a arquitetura prevista para o SISFRON, o tráfego das mensagens e informações do SC2FTer deverá ocorrer por

meio de enlaces diretos entre estações terrestres e espaciais. Em termos de estações de monitoramento terrestre são esperadas grandes intervenções, com a instalação de equipamentos preparados para uma guerra eletrônica. Devem ser instalados rádios militares digitais para comunicações táticas, enlaces de dados fixos e móveis para operações, bem como equipamentos de análise do espectro eletromagnético. Além dos *transponders* militares, o segmento espacial também será formado por uma rede de sensores monitorados remotamente por analistas de defesa, capazes de coletar imagens de satélite de alta resolução (CCOMGEX, 2014).



Figura 3: Telecentro na Amazônia Legal

Fonte: CENSIPAM, 2011.

Nessa análise é esperada a contratação de recursos humanos que executem os serviços de instalação da infraestrutura e, posteriormente, operação e manutenção dos sistemas. Esses profissionais serão engenheiros, técnicos e auxiliares em eletrônica, telecomunicações e computação. Por isso, uma parcela dos investimentos será orientada para a formação de uma sólida base de recursos humanos para construção, operação e manutenção da

infraestrutura do SISFRON. Estes investimentos já estão previstos na arquitetura do sistema, que destina essa atribuição ao *Subsistema de Simulação e Capacitação*. A premissa básica será a formação de *Células para Aprendizagem a Distância*, as quais deverão ser implantadas, principalmente, em áreas remotas da Amazônia (CCOMGEX, 2014).

O SISFRON também prevê a participação do Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia (CENSIPAM), o qual é pioneiro na implantação de unidades de ensino a distância na Amazônia Legal. Na região, estas células de aprendizagem são conhecidas como “*Telecentros*”. Embora essa experiência seja reconhecida, vale lembrar que o CENSIPAM é um órgão recente e seu quadro efetivo começou a ser formado no segundo semestre de 2013, com a admissão de 40 Analistas de Ciência & Tecnologia para atender toda a Amazônia Legal (CENSIPAM, 2013). Portanto, a participação das IES poderia colaborar nesse processo de transferência do conhecimento.

Para apoiar a construção dessa rede de formação do conhecimento tecnológico, as IES das áreas de fronteira possuem um potencial considerável, que poderia intermediar as atividades acadêmicas e profissionais junto à indústria nacional de defesa. O corpo docente dessas instituições está habilitado para auxiliar a condução deste processo de formação, bem como receber as demandas da indústria para consolidação da mão-de-obra. Além disso, as IES já estão instaladas nas áreas de fronteira e podem ser consideradas como importantes pontos de apoio para as células de aprendizagem. Ressalta-se que, na maioria dos casos, essas instituições de ensino já utilizam o EAD como ferramenta de aprendizagem. Essa estratégia não é novidade para esses centros de formação, principalmente na Amazônia Legal, os quais utilizam as tecnologias da informação e comunicação com eficiência.

Neste universo de possibilidades para a indústria nacional de defesa cabe ressaltar que os investimentos na formação de mão de obra especializada em pleno canteiro de obras do SISFRON poderão reduzir consideravelmente os custos futuros com a contratação de técnicos residentes em regiões distantes da fronteira. Treinar pessoal

nativo das áreas de fronteira é mais viável financeiramente do que realizar elevados gastos com a transferência de profissionais das áreas urbanas. Além do custo financeiro, a indústria defesa também irá contribuir para o desenvolvimento regional, descentralizando recursos econômicos e conhecimentos tecnológicos.

A logística de toda essa operação também precisa ser avaliada, uma vez que a construção das células de aprendizagem demanda a alocação de estrutura específica para receber as unidades de ensino. Contudo, essa logística pode ser facilitada com o auxílio das IES já existentes na faixa de fronteira, apoiando o projeto e disponibilizando o corpo docente. Todas essas atividades podem ser previstas, ajustadas e delegadas às IES a partir da celebração de termos de cooperação apropriados e adequados a cada particularidade que possa ser exigida no SISFRON.



(a) Aula EAD de Eletromagnetismo



(b) Cursos do MIT “Open Course”

Figura 4: Exemplo do MIT no Ensino a Distância

Fonte: MIT, 2014.

3. Experiência de Ensino Tecnológico a Distância

No Projeto Piloto do SISFRON está prevista a criação de células de aprendizagem baseadas no Ensino a Distância. Essa estratégia para formação de pessoal em especializado em engenharia e tecnologia não é recente e existem muitos exemplos de sucesso

pelo mundo. O Instituto Massachusetts de Tecnologia (MIT – sigla em inglês) é uma referência nessas atividades, formando profissionais em tecnologia da informação e comunicação a distância desde o final dos anos 90 (Figura 4 – “a”). O MIT é uma das instituições de ensino privada mais antigas dos Estados Unidos e uma das instituições de pesquisa mais respeitadas no segmento tecnológico. Atualmente, a instituição disponibiliza 2150 cursos tecnológicos em diferentes idiomas, com a participação direta das empresas interessadas na formação dos recursos humanos (MIT, 2014).

O MIT utiliza um portal de *internet* que concentra o acesso de todos os alunos e cursos em um único endereço: <http://ocw.mit.edu>. De maneira simples e rápida, os alunos acessam os conteúdos digitais em diferentes formatos, editados em texto, áudio ou vídeo (Figura 4 – “b”). A metodologia de ensino utilizada baseia-se na convergência de conteúdos e recursos didáticos para formação do conhecimento tecnológico.

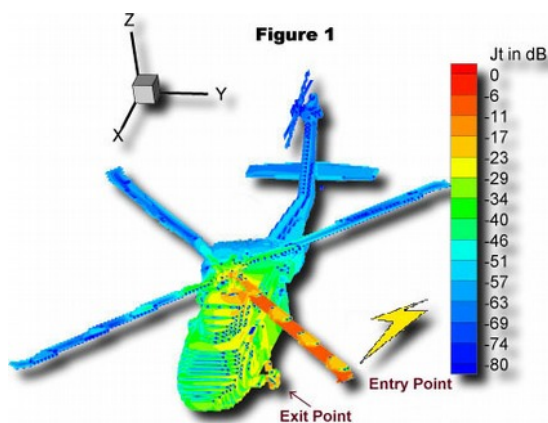
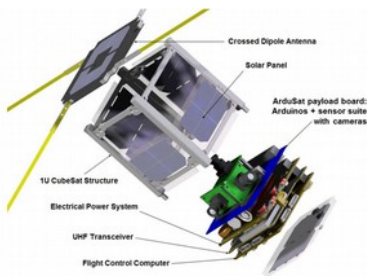


Figura 5: Análise de Compatibilidade Eletromagnética no Helicóptero *Blackhawk*
Fonte: Balanis, 2014.

Outro exemplo de EAD em cursos tecnológicos pode ser observado na Universidade do Estado do Arizona (ASU – sigla em inglês). A ASU é uma unidade de ensino privada nos Estados Unidos e também concentra seus cursos em um único portal: <http://asuonline.asu.edu>. Nessa instituição o corpo docente já apresentou alguns estudos e cursos para a indústria de defesa, integrando o conhecimento acadêmico com as necessidades das manufaturas militares. A ASU conta ainda com programas específicos para formação de militares e reintegração veteranos na sociedade (<https://veterans.asu.edu/>). Entre os trabalhos realizados na ASU é possível destacar a análise de compatibilidade eletromagnética de sinais de radiofrequência com a fuselagem de helicópteros militares (Figura 5). Estes estudos foram realizados em parceria com indústria de defesa, e ainda, também serviram de conteúdo para formação tecnológica e criação do laboratório de pesquisa em projetos de aeronaves (BALANIS, 2014).

A integração entre a indústria de defesa, organismos nacionais de segurança e academia são mais proeminentes quando se trata do segmento espacial. Não é por acaso que a indústria de defesa e a Agência Espacial dos Estados Unidos (NASA – sigla em inglês) estimulam o desenvolvimento de nanossatélites didáticos (Figura 6 – “a”) utilizando o EAD. No Brasil, o desenvolvimento dos nanossatélites ainda é incipiente e o primeiro protótipo tem lançamento previsto para o segundo semestre de 2014 (Figura 6 – “b”).



(a) Modelo de



(b) NanosatC-Br2

Nanossatélite

Figura 6: Nanossatélites

Fonte: BUCKLEY,2012 e AEB,2014.

O governo e a indústria norte-americanos investem nessas pesquisas porque essas atividades resultam no desenvolvimento de células de aprendizagem em diferentes países. O foco principal deste trabalho é a programação de microprocessadores, circuitos integrados de última geração que controlam os satélites didáticos. As IES participantes destes programas contribuem para a formação de pessoal altamente especializado, principalmente, na programação de microprocessadores para a indústria de defesa.



(a) Arduino



(b) Raspberry PI

Figura 7: Microprocessadores com Aplicações Didáticas

Fonte: Arduino, 2014 e Raspberry PI, 2014.

Existem diferentes tipos de microprocessadores e plataformas para aplicações didáticas, entre essas, destacam-se em o *Arduino* (Figura 7 – “a”) e o *Raspberry Pi* (Figura 7 – “b”). O *Arduino* é placa eletrônica com o microprocessador *ATmega328*. É uma plataforma aberta muito difundida atualmente. Por sua vez, o *Raspberry Pi* é uma plataforma mais completa e de baixo custo, que possui diferentes conexões e possibilidades. A difusão do ensino da programação destes microprocessadores pode subsidiar a formação de recursos humanos para a indústria de defesa.

No início de 2014, a introdução à programação destes microprocessadores foi contemplada pelo EAD no curso de tecnologia em Sistemas Elétricos da ULBRA de Porto Velho - Rondônia. Para tanto, as atividades semipresenciais concentraram a programação das placas *Arduino* em um ambiente de simulação *web* (Figura 8). Inicialmente foram exibidos e instalados programas *templates* para os alunos, disponibilizados pela literatura técnica. Em seguida, os discentes foram instruídos a desenvolver modificações nesses programas e, por fim, criarem seus próprios programas de automação e controle nas plataformas de simulação.

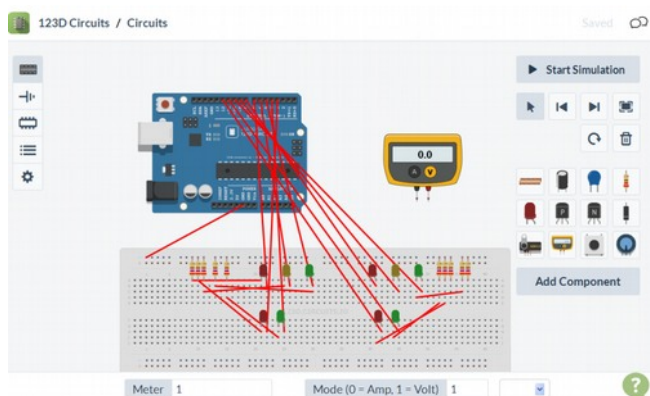


Figura 8: Ambiente de Simulação a Distância
Fonte: 123D Circuits, 2014.

Neste breve exemplo é possível verificar que conteúdos didáticos do curso de tecnologia podem se alinhar com as demandas mais arrojadas e proeminentes do segmento espacial de defesa. Além disso, o corpo docente da IES também utiliza os recursos de EAD para essa integração, de maneira que os conteúdos abordados estejam em constante atualização.

A programação dos microprocessadores para nanossatélites pode facilmente se transformar na programação de sistemas integrados de defesa, desde que ocorram os incentivos e acordos

adequados entre as autoridades, indústria de defesa e instituições de ensino e pesquisa. Esses acordos não precisam ser uniformizados e podem ser alinhados de acordo com a característica e particularidade de cada fase do Projeto Piloto do SISFRON. Inicialmente, estes trabalhos podem contemplar a criação das células de aprendizagem, congregando as ações do corpo docente e estudantes para suprir a maior demanda do sistema, isto é, mão de obra técnica e especializada. Em um segundo momento, esses trabalhos poderão resultar em pesquisa e desenvolvimento com inovação em ciência e tecnologia para a indústria nacional de defesa. Desta integração podem surgir produtos e projetos promissores para defesa nacional.

4. Considerações Finais

O SISFRON será um marco no desenvolvimento da indústria nacional de defesa e deverá contribuir de maneira relevante para o monitoramento do território nacional. Por isso, a escassez de mão-de-obra especializada em engenharia e computação não pode ser interpretada como uma limitação, mas como uma possibilidade de potencialização do mercado de trabalho brasileiro. A previsão de implantação das células de aprendizagem com EAD é uma importante estratégia para formação e qualificação dos recursos humanos. Por isso, a participação das IES instaladas na fronteira será fundamental. Nessas instituições existem profissionais alinhados com desenvolvimento tecnológico, utilizando os recursos de aprendizagem a distância que podem ser orientados para apoiar o SISFRON.

Referências

ARIZONA STATE UNIVERSITY. *ASU ON LINE* Disponível em <http://asuonline.asu.edu/> Acesso em 12Jun14.

BALANIS, C. A. *Advanced Helicopter Electromagnetics Laboratory* Disponível em <http://balanis.faculty.asu.edu/research.html> Acesso em 09Jun14.

BRASIL. AEB: AGÊNCIA ESPACIAL BRASILEIRA. *Nanossatélite nacional finaliza testes* Disponível em

<http://www.brasil.gov.br/ciencia-e-tecnologia/2014/03/nanossatelite-nacional-finaliza-testes-nesta-quinta-27> Acesso em 10Jun14.

BRASIL. CENSIPAM: Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia. Acervo fotográfico da Divisão de Manutenção do Centro Regional de Porto Velho. Foto: *Instalação de Telecentro Karitiana*, de 23Nov11.

BRASIL. CENSIPAM: Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia. *Informações sobre o Concurso*. Disponível em: <http://www.sipam.gov.br/sobre/concurso> Acesso em 31Dez13.

BRASIL. EXÉRCITO BRASILEIRO. *SISFRON: Sistema Integrado de Monitoramento de Fronteiras*. Centro de Comunicações e Guerra Eletrônica do Exército Brasileiro Disponível em http://www.ccomgex.eb.mil.br/index.php/pt_br/sisfron/descricao-do-sistema Acesso em 06Jun14.

BRASIL. IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Censo Demográfico 2010*. Disponível em <http://censo2010.ibge.gov.br/resultados> Acesso em 12Ju14.

BUCKLEY, S. *ArduSat wants to put Arduino satellite, your experiments into orbit*. Disponível em <http://www.engadget.com/2012/06/18/ardusat-wants-to-put-arduino-satellite-your-experiments-into-orbit/> Acesso em 07Jun14.

CARDOSO, J.R. *A Engenharia e os Engenheiros*. Rev. USP. São Paulo, n. 76, fev.2008. Disponível em <http://www.revistas.usp.br/revusp/article/download/13637/1545> Acesso em 06Jun14.

MIT - *Massachusetts Institute of Technology* – Open Courseware. Disponível em <http://ocw.mit.edu/about/our-history/> Acesso 09Jun14.

RASPBERRY PI. *What is the Raspberry PI*. Disponível em <http://www.raspberrypi.org/help/what-is-a-raspberry-pi/> Acesso em 09Jun14.

123D CIRCUITS. *Simulação de Microprocessadores*. Disponível em <http://123d.circuits.io/circuits/> Acesso em 09Jun14.

Sistema de Busca e Salvamento Aeronáutico na Amazônia: Análise de Cenário e Potencialidades para Indústria Nacional de Defesa na Região Norte do Brasil

Cristiano Torres do Amaral; Bruno Barboza de Oliveira; Fernanda
Gomes Ribeiro; Felipe Nogueira Matos; Tayná Silva Campos;
Thalisson Gomes Nogueira

Resumo: Artigo que apresenta proposta de discussão e revitalização do Sistema de Busca e Salvamento Aeronáutico na Amazônia a partir da utilização de recursos tecnológicos que auxiliam o monitoramento do tráfego aéreo na região. Inicialmente é feita uma breve descrição do Sistema de Busca e Salvamento Aeronáutico no país, bem como uma análise do cenário nacional e internacional sob o ponto de vista tecnológico na Amazônia. Em seguida, são revistos alguns acidentes aéreos na região e avaliada a intervenção do Sistema de Busca e Salvamento empregado, observando suas limitações e possibilidades. Nessa argumentação também é avaliada a potencialidade do setor para desenvolvimento de ferramentas e recursos tecnológicos pela indústria nacional de defesa para melhoria do Sistema de Busca e Salvamento Aeronáutico na Região Amazônica.

Palavras-chave: ASD-B; COPAS-SARSAT; Indústria Nacional de Defesa; Radar; Sistema de Busca e Salvamento; Transponder; Vigilância do Espaço Aéreo.

1. Introdução

A aviação moderna apresenta-se como meio de transporte mais seguro e ágil no mundo contemporâneo, possibilitando o intercâmbio de mercadorias e pessoas em todo o planeta. A confiança e eficiência do transporte aéreo mundial foram obtidas após o desenvolvimento de inúmeros recursos tecnológicos de operação, monitoramento e gestão do transporte aeronáutico. Ainda assim, existe uma pequena probabilidade de falha, a qual pode resultar em acidentes aéreos. Quando ocorre um acidente aéreo é de fundamental importância que exista um Sistema de Busca e Salvamento Aeronáutico (SISSAR) ágil e seguro (FAB, 2015a).



- (a) Identificação de Busca e Salvamento da Força Aérea Brasileira
- (b) Helicóptero utilizado para Busca e Salvamento

Figura 1 – Busca e Salvamento da Força Aérea Brasileira Fonte: Adaptado da FAB, 2015a.

A história do SISSAR inicia em dezembro de 1947, quando foi criada a Comissão Organizadora do Serviço de Busca e Salvamento. Pouco tempo depois, em 1950, surgiu o Serviço de Busca e Salvamento Aeronáutico Nacional. Esse serviço evoluiu gradualmente ao longo dos últimos anos e, em 2005, foi consolidado como um Sistema de Busca e Salvamento Aeronáutico (Figura 1 - “a”), congregando protocolos, recursos logísticos e humanos compatíveis com a nova realidade aeronáutica (FAB, 2015a).

As principais atribuições do sistema de resgate de acidentes aéreos são a localização da(s) aeronave(s), socorro imediato aos ocupantes em risco, resgate e retorno com segurança ao controle da missão (Figura 1 - “b”). Além disso, também é importante auxiliar às ações complementares da Força Aérea Brasileira (FAB). O SISSAR também auxilia a sociedade em outros incidentes e atividades, como por exemplo, as ações de Defesa Civil em enchentes, desmoronamentos, e ainda, compondo outras forças de defesa no continente ou no mar (DECEA, 2015).

Nos acidentes aéreos, a primeira atividade do grupo de Busca e Salvamento refere-se ao levantamento das aeronaves envolvidas e a localização do alvo de resgate. Nessa tarefa as autoridades recorrem aos registros oficiais de tráfego aeronáutico e avaliam as informações técnicas disponibilizadas pelo sistema de monitoramento e controle de tráfego aéreo. No Brasil é o Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA), por meio do Centro Integrado de Defesa Aérea e Controle de Tráfego Aéreo (CINDACTA), o órgão responsável por essa tarefa. O CINDACTA integra o Comando da Aeronáutica (COMAER) e faz o controle do espaço aéreo e das telecomunicações, auxiliando a radionavegação e o trânsito de aeronaves no espaço aéreo nacional. Apesar de ser um órgão militar, o CINDACTA também colabora com o controle do tráfego aeronáutico civil, regulado pela Agência Nacional de Aviação Civil e pela Organização Internacional de Aviação Civil – ICAO (ANAC, 2015; ICAO, 2015).

O Controle do Espaço Aéreo é responsável por verificar alterações de rota, ausência de comunicação ou visualização nos radares para, imediatamente, iniciar o protocolo de Busca e Salvamento. O recurso tecnológico mais importante neste trabalho inicial de Busca e Salvamento é o RADAR (*Radio Detection and Ranging*). O radar possibilita a visualização, em tempo real, da localização das aeronaves e suas respectivas rotas. São os registros dos radares que orientam as autoridades nos trabalhos de localização da aeronave e podem poupar recursos humanos e logísticos consideráveis. Contudo, os radares possuem alcance limitado, e no Brasil, os sistemas de monitoramento e vigilância do espaço aéreo

não acompanham o desenvolvimento tecnológico mundial que incluem a integração de satélites no sistema de vigilância. Essa lacuna no sistema de monitoramento do espaço aéreo na Amazônia e sua composição nos sistemas de Busca e Salvamento apresentam-se como potenciais focos de investimento da Indústria Nacional de Defesa.

2. Vigilância do Espaço Aéreo no Brasil

O DECEA e o CINDACTA planejam e executam o controle do espaço aéreo no país, monitorando e vigiando com precisão a posição das aeronaves, bem como estimando seus posicionamentos futuros. Estes dados possibilitam o controle do tráfego e garantem uma distância de separação segura entre as aeronaves. Para essa finalidade são utilizados radares primários e secundários distribuídos em todo o território nacional (Figura 2 - “a”). A cobertura desses equipamentos é limitada e dependem da superposição do alcance individual para cobertura de todo o território nacional. Os radares primários detectam a posição das aeronaves em até 150km, pois estão limitados pelo cone de detecção e altitude (Figura 2 - “b”). Por sua vez, em até 250Km, os radares secundários recebem dados de localização, altitude e identificação das aeronaves por meio dos transponders. Ainda assim, abaixo de 20 mil pés, podem existir áreas com detecção limitada. Nessa altitude o tráfego aéreo é menos significativo e existe cobertura rádio VHF, com alternativa em HF, para auxílio à navegação e controle. De acordo com a FAB, para cobrir toda a região Amazônica na altitude de 10 mil pés seriam necessários 600 radares convencionais alocados em diferentes pontos do território (FAB, 2015b).



(a) Cobertura de Radares no Brasil (b) Cobertura do Radar Primário
Figura 2 – Sistema de Vigilância de Aeronaves
Fonte: Adaptado da FAB, 2015b.

A vigilância efetiva do espaço aéreo de um país é vital para segurança nacional, seja para o transporte civil ou militar, e por isso a Indústria Nacional de Defesa precisa acompanhar o desenvolvimento tecnológico neste segmento de maneira dinâmica e em sinergia com o fluxo de voos em todo o mundo. As arquiteturas tecnológicas de vigilância aérea podem ser classificadas em três modos:

- a) **Vigilância Independente Não Cooperativa:** obtida pelo radar primário, quando o órgão de controle obtém o posicionamento da aeronave independentemente do envio de informações de seus instrumentos (transponder), porém, sem informações detalhadas, como a identificação ou altitude precisa;
- b) **Vigilância Independente Cooperativa:** obtida pelo radar secundário, quando a posição da aeronave é determinada em solo, a partir das informações transmitidas pelo transponder, incluídas informações adicionais como a identificação e altitude;

c) Vigilância Dependente Cooperativa: a posição da aeronave é determinada pelo subsistema a bordo da própria aeronave e transmitida para o sistema em terra, via rádio ou satélite, incluindo informações e dados completos da evolução do voo.

Atualmente, a Organização da Aviação Civil Internacional (ICAO) recomenda a utilização de sistemas de Vigilância Dependente Cooperativa Automatizados, conhecidos pela sigla ADS (*Automatic Dependent Surveillance*), os quais permitem a transmissão automática dos dados das aeronaves para centros de controle. Essas informações de voo são muito relevantes e podem auxiliar o monitoramento do tráfego aéreo (ICAO, 2015).



Figura 3 – Painel do Instrumento ADS Embarcado Fonte: GARMIN, 2015.

O sistema ADS-Broadcasting é realizado por radiodifusão e viabiliza a transmissão de informações como posição, altitude, velocidade, identificação, radial, destino, origem, razão de subida ou descida, dentre outros parâmetros, por meio da frequência de rádio do transponder. Esses dados são transmitidos duas vezes por segundo automaticamente para os centros de controle para complementar as informações dos radares (Figura 3). Existem diferentes evoluções dessas tecnologias e o sistema ADS-Contract possibilita ainda a

inclusão de informações complementares para transmissão dos dados e reenvio para o centro de controle, tais como informações meteorológicas e desempenho da aeronave durante o voo (GARMIN, 2015).

O DECEA já está utilizando o ADS-C desde 2009 e o sistema está sendo revitalizado gradualmente em suas unidades subordinadas. Dessa maneira, as aeronaves que cruzam o Atlântico diariamente, em rotas com origem e destino na Europa e África, e em alguns casos da América do Norte, são visualizadas nas telas das consoles do controle do espaço aéreo com grande precisão (FAB, 2015c; FAB, 2015d).

O sistema ADS-C também pode integrar um Sistema de Posicionamento Global (GPS) com radares e comunicação por satélite. Nesse caso, ainda não existe obrigatoriedade na legislação nacional e internacional para essa finalidade, uma vez que, segundo especialistas, o custo de operação apresenta-se restritivo para utilização em larga escala. No mercado norte americano, por exemplo, essa tecnologia passará a ser exigida apenas a partir de 2020. A discussão acerca da utilização integrada do ADS-C, GPS embarcados e satélites surgiu a partir do desaparecimento do voo MH-370 da companhia Malaysia Air Lines no oceano Pacífico, em 08 de março de 2014 (BBC, 2014).

3. Acidentes Aéreos na Região Norte do Brasil

No Brasil, o Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA) é o órgão responsável pela investigação e prevenção de acidentes aéreos. O CENIPA foi criado em 1971 como órgão central do Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (SIPAER) e por isso planeja, coordena e apura todos os incidentes envolvendo aeronaves no país (CENIPA, 2008).

De acordo com os dados disponibilizados pelo CENIPA, o maior acidente envolvendo o Controle de Tráfego Aéreo do país ocorreu em 29 de setembro de 2006, a partir da colisão de um Boeing 737-800 da companhia Gol Transportes Aéreos com um jato executivo Embraer Legacy 600 que fazia um voo de demonstração

no trecho Brasília–Manaus. A aeronave Embraer seguia para os Estados Unidos, onde seria entregue pelo fabricante para seus futuros proprietários, e o voo 1907 da Gol, seguia em sentido contrário, com 154 pessoas a bordo que partiram de Manaus com destino à Brasília. Às 16h48min do dia 29 de setembro de 2006 a aeronave não foi mais observada nos radares e os destroços do avião (Figura 4) foram encontrados no dia seguinte, 30 de setembro de 2006, em uma área densa da floresta Amazônica na Serra do Cachimbo, na região Norte do estado de Mato Grosso (CENIPA, 2008).



Figura 4 – Destroços do Voo 1907 Fonte: CENIPA, 2008.

Apesar de toda a tecnologia existente, o Boeing 737-800 e o Legacy 600 colidiram a 37 mil pés de altitude na via aérea UZ6 que liga Brasília a Manaus, em uma aerovia de mão dupla, que tem reservadas as altitudes pares para tráfego no sentido Brasília-Manaus, e as altitudes ímpares para o sentido Manaus-Brasília. De acordo com o relatório das autoridades de investigação, a aeronave Legacy 600 estava na contramão da aerovia, indo de Brasília para Manaus a 37 mil pés de altitude com o transponder inoperante, isto é, deixando de atualizar a Ficha de Progressão de Voo (Figura 5). Essa análise

pode ser avaliada na transcrição do Relatório Final A-022/CENIPA/2008 a seguir:

C	N600XL	AZ	BRS	1524S04829W	TERES	NABOL
W	SBSJ	A4574	1855	1900	1933	1954
	1751	E145M	360	360	380	380
	SBEG	N0540	125.05	PCL		
	UZ6	UZ6	OPR/EXC	LAIRE RMK/AVODAC 286	S07	

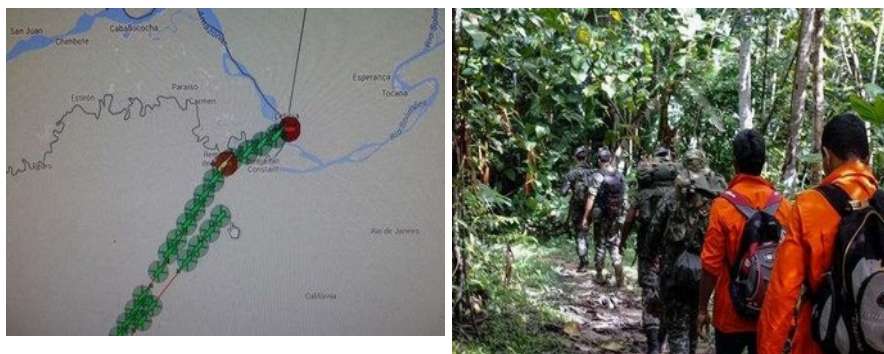
↑ (CFL) ↑ (RFL)

Figura 5 – Ficha de Progressão de Voo (“Strip”) Fonte: CENIPA, 2008.

“Na etiqueta, verifica-se a existência de pista associada, altitude 3D válida (indicado pela letra Z), ao lado do NIV (025). A informação 025 significa 2500 pés subindo para o FL370. O Z significa que o Transponder ainda não estava sendo recebido e a altimetria era oriunda do radar 3D. A informação 370 é o CFL a ser atingido. Após Brasília, o nível de voo solicitado a partir do ponto (RFL) é o FL360. Contudo no lado esquerdo, nível de voo autorizado a partir do ponto (CFL) é repetido, por característica do software, embora em nenhum momento os pilotos do N600XL tenham sido instruídos pelo órgão ATC a descer do FL370 para o FL360.” (CENIPA, 2008, p. 45).

Neste acidente, o Centro de Controle de Área de Brasília observou que a aeronave havia sumido dos radares e acionou imediatamente os Centros de Coordenação de Salvamento de Manaus e de Brasília às 17h01min. Pouco tempo depois várias aeronaves de Busca e Salvamento da FAB foram acionadas e começaram a deslocar-se para a localização do último contato

indicado pelo radar para identificação visual dos alvos. Os destroços da aeronave do voo 1907 foram localizados rapidamente (Figura 4).



(a) Trajeto previsto da aeronave (b) Equipe de buscas na mata

Figura 6 – Resgate do Helicóptero PR-ADA no estado do Amazonas

Fonte: Adaptado UOL, 2015.

Em 2015, 25% das ocorrências aéreas no país aconteceram nos estados da região Norte do país (ANAC, 2015). O último acidente ocorreu dia 29 de maio de 2015, quando um helicóptero Esquilo, prefixo PR-ADA, da companhia Moreto Táxi Aéreo desapareceu no interior do Amazonas durante voo entre os municípios de Atalaia do Norte e Tabatinga, a 1.130 e 1.108 km respectivamente de Manaus (AM). A aeronave fazia o transporte de emergência de uma indígena grávida com hemorragia. De acordo com informações da Defesa Civil de Atalaia do Norte, a aeronave desapareceu do espaço aéreo por volta das 18h30min. Várias equipes de buscas aéreas e terrestres trabalharam no resgate: Aeronáutica, Corpo de Bombeiros, Exército - Comando de Fronteira do Solimões/8º, Batalhão de Infantaria de Selva, Sesai, Funai, Polícia Militar, Fundação de Vigilância e Saúde e as defesas civis do Estado, de Benjamin Constant e Atalaia do Norte. Duas aeronaves e cerca de 80 homens vasculharam a área em busca de sobreviventes. Alguns dias

após intenso trabalho de rastreamento visual aéreo e terrestre foi possível a localização dos destroços da aeronave (UOL, 2015).

Nesse incidente não havia recursos tecnológicos que apontassem com certa precisão a localização do alvo de busca. Assim, foi necessário o emprego de uma equipe de Busca e Salvamento numerosa, bem como o aporte de recursos logísticos dispendiosos. Entre 2012 e 2014 as equipes de Busca e Salvamento da FAB resgataram 84 vítimas de acidentes aéreos no país e, na maioria dos casos, com foi necessária uma estrutura de resgate semelhante (FAB, 2015a).



Figura 7 – Montagem do Radar Transportável SABER-M60
Fonte: BRADAR, 2015.

4. Oportunidades para Indústria Nacional de Defesa

Os investimentos em gestão do espaço aéreo estão ocorrendo e a indústria nacional de defesa tem acompanhado esse desenvolvimento dentro de sua capacidade produtiva e recursos disponibilizados. No âmbito militar, o mercado está aquecido, um bom exemplo de investimentos em tecnologia nacional para vigilância do espaço aéreo são os radares fabricados pela empresa Bradar (Embraer Defesa & Segurança) em parceria com o Centro Tecnológico do Exército (CTEx). A linha SABER (Figura 7) é composta por radares tridimensionais, os primeiros fabricados no

país e que incorporam as mais avançadas tecnologias para detectar, simultaneamente, até 60 alvos que estejam sobrevoando a área vigiada, em diferentes altitudes, para distâncias de 20km, 60km e 200km. Estes equipamentos foram utilizados durante a Copa do Mundo FIFA 2014 e deverão ser empregados nas Olimpíadas Rio 2016 (FAB, 2015e).

No segmento da aviação civil essas tecnologias podem auxiliar as atividades de Busca e Salvamento, mas não estão difundidas em larga escala. Essas tecnologias apoiam o monitoramento e a vigilância do espaço aéreo, e ainda, fomentam a Indústria Nacional de Defesa com pesquisa e desenvolvimento dos equipamentos. Outro bom exemplo é o sistema COSPAS-SARSAT (do russo Comischeskaya Sistyema Poiska Avarivnich Sudov – COSPAS e do inglês Search And Rescue Satellite - Aided Tracking System – SARSAT). Neste sistema satélites com órbitas polares ou satélites geoestacionários captam sinais transmitidos de balizas eletrônicas instaladas nas aeronaves e enviam às estações terrenas (BRMCC, 2015).

As estações terrenas do COSPAS-SARSAT determinam a posição das balizas de emergência (Figura 8) e enviam os dados com as coordenadas geográficas ao Centro de Controle de Missão para que se processe o acionamento da missão de Busca e Salvamento. Essas balizas recebem o nome Emergency Locator Transmitter (ELT) e são feitas com pequenos rádios transmissores instalados nas aeronaves monitoradas constantemente (BRMCC, 2015).

Atualmente, o proprietário de uma aeronave que deseja utilizar o sistema COSPAS-SARSAT deve adquirir uma baliza eletrônica e fazer seu cadastro no Centro Brasileiro de Controle da Missão (BRMCC) pelo endereço eletrônico <http://www.brmcc.aer.mil.br>. A localização ágil do alvo de busca economiza recursos financeiros e salva vidas. Além disso, a utilização obrigatória desses equipamentos nas aeronaves comerciais, por exemplo, poderia mobilizar a Indústria Nacional de Defesa na fabricação das balizas de emergência e consoles de monitoramento e, em uma segunda etapa, contribuir na fabricação e lançamento dos satélites de monitoramento (COSPAS-SARSAT, 2015).



Figura 8 – Diferentes modelos de Emergency Locator Transmitter (ELT) Fonte: BRMCC, 2015.



**Figura 9 – Localização do Radar Gabbiano T20 no KC-390
Fonte: FAB, 2015.**

A produção desse tipo de equipamento no país pode proporcionar maior efetividade nas ações de Busca e Salvamento nos estados que integram a região Amazônica, bem como gerar empregos com altíssimo valor agregado da força de trabalho. O

desenvolvimento da Indústria Nacional de Defesa neste segmento tecnológico poderia ainda poupar recursos futuros na aquisição de equipamentos semelhantes no mercado internacional. Por exemplo, a FAB está prevendo a aquisição de 28 aviões KC-390 com entrega prevista para 2017 (FAB, 2015f). Esta frota deverá se tornar a espinha dorsal da aviação de transporte da FAB, cumprindo missões na região Amazônica. As aeronaves KC-390 devem utilizar um sistema de radar Gabbiano T20 da empresa italiana Selex (Figura 9).

O equipamento será instalado no nariz das aeronaves e poderá ser utilizado, entre outras finalidades, para auxiliar as ações de Busca e Salvamento na Amazônia. Embora o consórcio de fabricação da aeronave tenha previsão de transferência de tecnologia, a ausência de investimentos nos últimos anos em Pesquisa e Desenvolvimento restringiram o fornecimento deste tipo de equipamento pela Indústria Nacional de Defesa e por isso deverá ser adquirido no exterior.

5. Considerações Finais

Um sistema de Busca e Salvamento Aeronáutico eficiente e eficaz na Amazônia pode garantir o resgate ágil de vítimas de acidentes aéreos, e ainda, poupar recursos humanos e logísticos em missões de resgate. Para tanto, a Indústria Nacional de Defesa pode contribuir com Pesquisa e Desenvolvimento de produtos que apoiam as ações de Busca e Salvamento. Esses recursos tecnológicos auxiliam o monitoramento do tráfego aéreo, garantem maior segurança nas aerovias e, caso ocorra algum acidente, reduzem o tempo de resposta na localização do alvo de resgate.

Atualmente existem tecnologias de radares tridimensionais e localização por satélite que são importantes ferramentas de Busca e Salvamento Aeronáutico, contudo, algumas dessas tecnologias não são amplamente difundidas no mercado nacional. Na Amazônia, conforme observado no histórico dos acidentes aéreos, a localização visual do alvo de resgate em plena mata fechada não é uma tarefa fácil e por isso pode resultar na dilatação do tempo de localização do alvo, vidas perdidas e o fracasso da missão de Busca e Salvamento.

Investimentos nesse segmento podem potencializar a Indústria Nacional de Defesa, bem como aumentar a segurança no Controle do Espaço Aéreo, monitorando e vigiando com maior precisão as aerovias, as comunicações e a visualização nos radares para, se necessário, acionamento imediato do protocolo de Busca e Salvamento. Por isso, essa lacuna tecnológica apresenta-se como excelente oportunidade para o desenvolvimento da Indústria Nacional de Defesa, bem como revitalização e modernização do Sistema de Busca e Salvamento Aeronáutico na Região Amazônica. Entre essas oportunidades é possível destacar a ampliação de investimentos em radares tridimensionais, balizas de emergência com comunicação satelital e equipamentos de Vigilância Dependente Cooperativa Automatizada.

Referências

BRASIL. FORÇA AÉREA BRASILEIRA (FAB) – **Sistema de Busca e Salvamento Aeronáutico (SISSAR)**. Disponível em <http://www.decea.gov.br/espaco-aereo/busca-e-salvamento/> Acesso em 30Jun15a.

BRASIL. DEPARTAMENTO DE CONTROLE DE ESPAÇO AÉREO (DECEA) **Manual de Coordenação de Busca e Salvamento (SAR)**. Disponível em <http://publicacoes.decea.gov.br/?i=publicacao&id=4161> Acesso em 30Jun15.

BRASIL. AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC) – **Dados e Estatísticas de Acidentes Aéreos**. Disponível em http://www.anac.gov.br/Conteudo.aspx?slCD_ORIGEM=26&ttCD_CHAVE=178 Acesso em 30Jun15.

ICAO – **Organização Internacional de Aviação Civil**. Disponível em <http://www.icao.int/Pages/default.aspx> Acesso em 30Jun15.

BRASIL. FORÇA AÉREA BRASILEIRA – **Nota à imprensa com Esclarecimentos sobre a cobertura Radar no país**. Disponível

em http://www.terra.com.br/noticias/comunicado_fab_cobertura.pdf
Acesso 30Jun15b.

BRASIL. CENTRO DE INVESTIGAÇÃO E PREVENÇÃO DE ACIDENTES AERONÁUTICOS (CENIPA) – **Relatório Final Número da RSV: 089/A/07 (RELATÓRIO FINAL A-022/CENIPA/2008 - Colisão Voo 1907 e Embraer Legacy).** Disponível em

http://www.cenipa.aer.mil.br/cenipa/paginas/relatorios/advertencia.ph?pdf=PR_GTD_N600XL_29_09_06.pdf Acesso em 30Jun15.

GARMIN – **Sistemas para Aviação.** Disponível em <http://www.garmin.com/aviation> Acesso em 30Jun15.

BRASIL. FORÇA AÉREA BRASILEIRA – DEPARTAMENTO DE CONTROLE DE ESPAÇO AÉREO (DECEA) - **Sistema de Gerenciamento da Segurança Operacional no SISCEAB.** Disponível em <http://publicacoes.decea.gov.br/?i=publicacao&id=4166> Acesso em 30Jun15c.

BRASIL. FORÇA AÉREA BRASILEIRA - **Saiba como será a vigilância aérea no conceito CNS/ATM.** Disponível em <http://www.fab.mil.br/noticias/mostra/8503/ESPECIAL-%28V%C3%Addeo%29---Saiba-como-ser%C3%A1-a-vigil%C3%A2ncia%C3%A9rea-no-conceito-CNS/ATM>. Acesso em 30Jun15d.

BBC - **Como é a tecnologia para acompanhar e rastrear um avião?** Disponível em http://www.bbc.com/portuguese/noticias/2014/03/140313_aviao
Acesso em 30Jun15.

UOL - **Helicóptero desaparecido no Amazonas é encontrado e não há indícios de sobreviventes.** Disponível em http://acritica.uol.com.br/noticias/Manaus-Amazonas-Amazonia-Helicoptero-desaparecido-encontrado-indicios-sobreviventes_0_1369063084.html Acesso em 30Jun15.

BRASIL. FORÇA AÉREA BRASILEIRA - **Celso Amorim defende a indústria de defesa nacional em evento sobre o setor.** Disponível em <http://www.fab.mil.br/noticias/mostra/16547/DEFESA->

[%E2%80%93-Celso-Amorim-defende-a-ind%C3%BAstria-de-defesa-nacional-em-evento-sobre-o-setor](#) Acesso em 01Jul15e.

BRADAR – RADAR SABER-M60. Disponível em <http://www.bradar.com.br/br/defesa/saber-m60.html> Acesso em 01Jul15.

BRASIL – CENTRO BRASILEIRO DE CONTROLE DE MISSÃO (BRMCC) - **Estrutura**

Operacional do Sistema Cospas-Sarsat.

Disponível em <http://www.brmcc.aer.mil.br/index.php/ct-menu-item-16/ct-menu-item-18> Acesso em 01Jun15.

COPAS-SARSAT. **International Cospas-Sarsat**

Programme. Disponível em <http://www.cospas-sarsat.int/en/> Acesso em 02Jun15.

BRASIL. FORÇA AÉREA BRASILEIRA **Encomendado radar do KC-390** Disponível em <http://www.fab.mil.br/noticias/mostra/22339/AVIA%C3%87%C3%83O-DE-TRANSPORTE---Encomendado-radar-do-KC-390> Acesso em 02Jun15.

Oportunidades e Desafios para Uso de Realidade Aumentada como Recurso de Guerra Cibernética

Cristiano Torres do Amaral; Alessandro Gabriel Campos de Oliveira,
Brenda Felicidade Moreira; Grazielly Bragado Rabelo; Renato da
Costa Proença; Thiago Máximo da Silva

Resumo: Nos dias atuais o avanço da tecnologia possibilita expandir a sensação de integração do mundo virtual com o mundo real, seja no cinema, jogos on-line, *notebooks*, *tablets* ou *smartphones*. Este efeito é obtido com uma tecnologia denominada Realidade Aumentada. Trata-se de um importante recurso de defesa e treinamento contra possíveis ameaças na guerra cibernética. Este artigo apresenta um breve relato histórico de seu desenvolvimento e aplicabilidade nas Forças Armadas. O texto inicialmente explora o surgimento da tecnologia e faz a diferenciação conceitual entre Realidade Aumentada e Realidade Virtual. Posteriormente, o artigo descreve a aplicação da Realidade Aumentada nas Forças Armadas, dispositivos eletrônicos e estratégias de uso acadêmico e operacional. Por fim, são destacadas as vantagens do uso da Realidade Aumentada no Exército, Marinha e Força Aérea.

Palavras-chave: Indústria de Defesa; Guerra Cibernética; Realidade Aumentada; Realidade Virtual.

INTRODUÇÃO

Nos dias atuais a Realidade Aumentada e a Realidade Virtual são tecnologias utilizadas em diversos setores, tais como entretenimento, hospitalar, industrial e, mais recentemente, no meio militar e defesa. A Realidade Aumentada e a Realidade Virtual são conceitos que se complementam e proporcionam maior eficiência na execução de atividades e projetos de defesa. A Realidade Virtual utiliza um sistema operacional que cria a sensação de realidade ao usuário das aplicações e jogos. A Realidade Aumentada, por sua vez, utiliza uma plataforma de *software* que cria no espaço real um ambiente virtual para interação do usuário, misturando mundo real e virtual (MILGRAN, 1994).



Figura 1 – Capacete de Realidade Aumentada

Fonte: Rockweel Collins, 2018.

A Realidade Virtual e Aumentada surgiram nos Estados Unidos da América (EUA) por volta de 1960. Naquela época, o engenheiro Ivan Sutherland descreveu a Realidade Virtual e Aumentada em sua tese de doutorado no *Massachusetts Institute of Technology* (MIT). Este estudo descrevia ambientes de interação homem-máquina utilizando o computador TX-0. O equipamento foi criado durante a corrida espacial e foi o primeiro dispositivo a proporcionar interação gráfica entre o usuário e um ambiente virtualizado (*Sketchpad*). Sutherland foi o autor do primeiro sistema com Realidade Aumentada. Contudo, apenas na década de 1980 que surgiu o primeiro projeto com essa tecnologia para uso militar. Este

projeto foi desenvolvido pela Força Aérea Americana e, na época, apresentou um simulador de *cockpit* de aviação. Este dispositivo tinha visão óptica direta que misturava elementos virtuais com o ambiente físico do usuário (KIRNER, 2008).

A Realidade Aumentada tornou-se, no decorrer dos anos, um importante e promissor recurso da indústria de defesa. A tecnologia já foi adicionada aos mais diversos setores e, sua aplicabilidade, continua se expandindo e popularizando o uso. Atualmente, existe grande variedade de empresas desenvolvendo a Realidade Aumentada como ferramenta de trabalho prático. Novas pesquisas foram desenvolvidas por diferentes empresas que buscam o aperfeiçoamento de seus protótipos e *gadgets*. Empresas como a *Rockweel Collins*, *Microsoft* e *Google* investem milhões de dólares para criação de *hardwares* e *softwares* que reproduzam a realidade aumentada em diferentes ambientes. Alguns bons exemplos de *gadgets* de realidade aumentada são: o capacete *SimEye* da *Rockweel Collins* (Figura 1) e o *HoloLens* da *Microsoft*. O *HoloLens* é um óculos que possui a capacidade de projetar dados em uma superfície transparente que pode ser visualizada apenas por quem utiliza o equipamento. A tecnologia da empresa é conhecida como computador holográfico. Este *hardware* pode ser usado no treinamento civil e militar, aumentando o efeito prático das atividades. Em 2017, a *Google* apresentou a plataforma *ARCore*, que ampliou o uso da realidade aumentada em telefones móveis. Nos dispositivos móveis foi possível expandir o mercado da realidade aumentada, que hoje se encontra em diversos tipos de *smartphones* e *tabletes* através de *apps* disponibilizados nas lojas virtuais (*app stores*).

APLICAÇÕES NAS FORÇAS MILITARES

Oficiais, soldados e recrutas de todo o mundo já são treinados em ambientes simulados e fazem uso da Realidade Virtual e Aumentada em suas academias como recurso da guerra cibernética. Estes recursos tecnológicos são muito eficazes para formação e aperfeiçoamento da tropa. É possível simular o teatro de operações

para lidar com situações complexas, sem colocar em risco o plantel em treinamento, bem como deixar de alocar enormes quantias em custeio com as atividades acadêmicas.



(a) Caixa de Areia Interativa



(b) Protótipo Militar

Figura 2 – Caixa de Areia com Realidade Aumentada

Fonte: Adaptado de Lopes *et al.* 2017 e Boyce *et al.*, 2014.

A preparação para Garantia da Lei e da Ordem (GLO) é um bom exemplo disso. A Realidade Virtual e Aumentada pode simular uma comunidade ou aglomerado urbano em uma caixa de areia, seja uso civil (Figura 2 – “a”) ou preparação para aplicação da GLO (Figura 2 – “b”). Neste espaço virtual é possível demonstrar e colocar em prática estratégias e alternativas táticas e operacionais pensadas pelo Estado-Maior em um Centro de Operações, Coordenação e Controle (COCC).

Muitos desses recursos tecnológicos não utilizam computadores físicos nos treinamentos, mas réplicas de armas, como em um jogo *paintball* modernizado. O ambiente é preparado para receber a tecnologia, sendo moldadas paredes de madeira e forro para o treinamento militar de dupla ação (CUPERSCHMID *et al.*, 2015).

As forças militares brasileiras estão investindo em pesquisas para guerra cibernética, desenvolvendo dispositivos e cenários virtuais. O treinamento da tropa já prevê, em alguns casos, uso de óculos que podem fornecer dados em tempo real para os seus

soldados. Um bom exemplo disso é observado no Centro de Instrução de Blindados:

Uma série de programas de pesquisa exploram os meios pelos quais a navegação, coordenação e distribuição das informações podem ser entregues ao soldado no campo de batalha. Para a tropa embarcada existem soluções que permitem este fluxo, tal como o Gerenciador de Campo de Batalha (GCB). Para o combatente individual desembarcado, a solução ainda é incipiente, não havendo um dispositivo tecnológico consagrado, que ofereça amplo e prático acesso as informações, sem atrapalhar o desempenho no combate. Neste sentido, o desenvolvimento de um equipamento, que, ao invés de acessar a informação em cartas, calcos, GCB, ou outra fonte, o combatente possa ver ícones preestabelecidos, em camadas sobrepostas (*overlays*) à imagem real do terreno e georreferenciadas, através do uso de óculos específicos ou lentes incorporadas a seu equipamento, acionados ao olhar na direção de interesse, é buscado pelos exércitos de primeiro mundo. Tecnologia semelhante serão utilizadas nos equipamentos *Head-Up Display* (HUD) e o *Helmet Mounted Display* (HMD), que farão parte do caça Gripen. (CIB, 2017)

Esta tecnologia e a representação do uso da Realidade Aumentada no campo de batalha é observada na Figura 2. O soldado interage com COCC por meio de um capacete inteligente (*Helmet Mounted Display*). O militar pode ter a visão aumentada do campo de batalha, além de receber dados importantes de sua base. No capacete inteligente é possível compartilhar dados de localização de tropas, informações sobre o deslocamento do inimigo, pontos de controle, bem posições para contato e neutralização.

O uso da Realidade Aumentada pelas tropas terrestres pode melhorar o desempenho e a efetividade das ações de defesa. O avanço da tecnologia proporcionará segurança e agilidade no planejamento tático das operações, seja em ambiente simulado ou real, dinamizando o fluxo das informações, tornando mais precisas as ações e apoiando o processo de tomada de decisão. Esses recursos

tecnológicos garantem vantagem tática e operacional sobre o oponente (CIB, 2017).



Figura 3 – Óculos de Realidade Aumentada usada na área Militar.

Fonte: Applied Research Associates, Inc. ARA

REALIDADE AUMENTADA NO EXÉRCITO

Um bom exemplo de popularização da Realidade Aumentada é o jogo *Pokémon GO*, o qual promove a integração do ambiente real e virtual com dispositivos móveis em tempo real. Neste jogo, o usuário alcança o alvo na medida em que avança seu deslocamento no terreno real. O jogo promove interatividade do usuário com o local que foi rastreado pelo GPS, com a adição de elementos virtuais. Este mesmo efeito e sensação podem ser transmitidos para militares em treinamento ou no campo de batalha (AZUMA; BILLINGHURST, 2011).

O uso da tecnologia expande o conhecimento territorial do militar e o prepara para um ambiente real. Nas simulações de combate é possível observar o desenvolvimento da ação, onde são aplicadas, por exemplo, virtualização de explosões, disparos de projéteis de diferentes calibres, bem como ataque/contra-ataque envolvendo tropas inimigas. A imersão neste cenário simulado proporciona a experimentação de uma situação que antes só poderia ser alcançada em combates reais.

Além disso, relatórios das atividades simuladas disponibilizam dados que podem orientar a tomada de decisão, bem como identificar as melhores táticas e ações operacionais. As simulações com treino tático são obtidas com a integração de diferentes tipos de tecnologias. Para tanto, sensores, microfones e capacetes inteligentes são interligados em uma rede de informação única que permite o compartilhamento dos dados e informações em tempo real. O posicionamento, conexão sem fio e a escalabilidade são essenciais no uso da realidade aumentada:

Existem três métodos: 1º baseado em marcador - utiliza as tecnologias de rastreamento padrão para sobrepor objetos virtuais a um marcador; 2º GPS, giroscópios, acelerômetros e bússola; 3º pontos específicos na imagem do vídeo - utilizada por sem marcadores que detectam características exclusivas de ambientes para estabelecer onde sobrepor os objetos virtuais. (YABUKI *et al.*, 2013).

A Academia Militar do Exército Brasileiro (AMAN) também está agregando investimentos no ensino tático e espaço físico, aprimorando os sentidos e o controle psicológico dos alunos em todos os aspectos operacionais. Tais princípios são aplicados na criação de cidades simuladas, construídas para treinamento militar. Nesses ambientes os soldados são treinados em operações com imersão no ambiente virtual integrado com treino tático utilizando diferentes tipos de armamento (MATOS, 2009).

Isso é possível porque objetos virtuais e reais coexistem a partir da definição prévia de alvos pelo COCC. As relações espaciais e contextuais entre eles são programadas para exibição com avanço gradual do território, tal como no jogo, com registro correto dos objetos 3D dentro da cena aumentada e idealizada pela equipe de controle. As dimensões do mundo real e virtual são integradas em roteiros prévios, ou alvos reais identificados com o rastreamento pelo GPS, assegurando a adequada combinação dos dois mundos e

criando a ilusão de que os dois coexistem em uma única cena (SHEN; JIANG, 2012).

Smartphones e *tablets* convencionais também podem ser utilizados como instrumentos de acesso e compartilhamento. Tanto o Estado-Maior quanto o COCC reais ou simulados podem ter acesso em tempo real nos dispositivos móveis. Isso reduz o custo do treinamento ou da ação real (WATZDORF; MICHAHELLES, 2010).

A Realidade Virtual e Aumentada pode promover uma revolução no treinamento militar brasileiro, nivelando as escolas de formação com os mais elevados padrões tecnológicos internacionais. Assim, a importância de inserir soldados em treinamentos com realidade aumentada é para que tenham melhor desempenho em suas atividades, a partir da antecipação de parâmetros dos locais de ação, bem como articulação ofensiva e defensiva em um ambiente simulada (BEHZADAN, 2011).

REALIDADE AUMENTADA NA MARINHA

As forças navais de todo o mundo utilizam a Realidade Aumentada com o objetivo aperfeiçoar o treinamento dos oficiais e tripulantes de embarcações táticas e operacionais. É um recurso importante, uma vez que o treinamento em alto-mar exige emprego de tropa com elevado custo operacional, bem como alocação de recursos por um período prolongado, além das limitações físicas existentes nas embarcações. Não é possível treinar com regularidade um grande efetivo e, no ambiente real, fatores como barulho, espaço ocupado pelos tripulantes e falhas operacionais podem colocar em risco a atividade.

A marinha dos EUA está trabalhando o desenvolvimento de um dispositivo de realidade aumentada denominado *GunnAR* (Realidade Aumentada do Sistema de Artilharia Unificado). Neste sistema é possível integrar informações da planta de uma embarcação, dados em tempo real de alvos para artilharia, e monitorar comandos diretamente em um painel virtual *GunnAR*. O sistema simula e identifica a natureza e posição de alvos, auxilia o artilheiro e contribui para aumentar a precisão da mira para o melhor

disparo. O militar também recebe comandos de espera, cessar fogo e neutralização. Uma câmera acoplada ao capacete do artilheiro que reproduz a sua visualização remotamente e, em uma aba exclusiva, o COCC acompanha o desenvolvimento da operação e/ou treinamento. O *GunnAR* apresenta-se como principal recurso para treinamento virtual da artilharia, com menor custo e maior eficiência para adestramento da tropa.



Figura 4 – *GunnAR* - Simulador de combate naval

Fonte: Adaptado do VR SCOUT, 2017.

Fuzileiros navais também estão utilizando o sistema AITT (*Enhanced Immersive Team Trainer*), o qual é baseado na realidade aumentada integrada a auscultadores (*headsets* – “*fonos de ouvido*”). Este dispositivo leve e acessível, que pode ser levado para qualquer lugar, transforma qualquer ambiente em um campo de treinamento. O AITT foi desenvolvido pelo ONR (*Office of Naval Research*) e projeta simulações de ataques no campo de batalha em um visor que é acoplado ao capacete convencional. Este dispositivo possibilita a percepção de tanques, helicópteros e outras projeções sem limitações para treinamento. Neste treinamento, o fuzileiro alcança de maneira rápida e ágil o desenvolvimento de suas habilidades integrando ambientes físicos e virtuais (ALFORD, 2015).

REALIDADE AUMENTADA NA FORÇA AÉREA

A Realidade Aumentada pode ser grande aliada na indústria aeronáutica, proporcionando um ambiente adequado para visualização e aplicação de instruções de voo com segurança. Modelos em 3D sobrepostos a um equipamento real, simulação de produtos e armamentos, entre outros recursos que aumentam a percepção do piloto em formação ou aperfeiçoamento (COHEN, 2014).

A qualificação dos pilotos nos Dispositivos de Treinamento Simuladores de Voo (FSTD – *Flight Simulator Training Devices*) na aviação civil ocorre regularmente, sendo fiscalizada pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). Este treinamento virtual deve ser realizado em FSTD homologados e podem ser usados para gerar créditos de horas nos treinamentos oficiais dos pilotos. O nível de treinamento virtualizado mais elevado é denominado *Full Flight Simulator* (FFS). Durante o treinamento FFS, o aluno tem contato com os dispositivos mais avançados de simulação. Existem FFS para diferentes tipos de aeronaves, com classificação em níveis de “A” a “D”. No nível mais avançado, o simulador é capaz de realizar todas as manobras e procedimentos necessários à obtenção de uma habilitação, bem como os voos de verificação de perícia. (ANAC, 2016).

De acordo com Prado (2012) a interação com o ambiente holográfico é possível em aeronaves, bem como a utilização de dispositivos que façam o reconhecimento dos movimentos com sensores de profundidade. Esses recursos aplicados na simulação de voo estimulam a sensação de presença e controle em uma aeronave real. Barwiski (2012) destaca que ondas ultrassônicas associadas à Realidade Aumentada podem acelerar o desenvolvimento de sistemas aeronáuticos de defesa.

Não é por acaso que a Força Aérea Brasileira (FAB) em sua composição atual já possui um grupo de profissionais responsáveis pela criação de cenários tridimensionais para simuladores de voo no Centro de Computação de Aeronáutica de São José dos Campos.

Estes cenários criam o ambiente virtual para imersão de pilotos em treinamento (FAB, 2017).

Os cenários tridimensionais desenvolvidos pela FAB possibilitam a imersão do treinamento virtual o mais próximo da realidade brasileira, associando ambiente regional, padrão de aeronaves, armamento, etc. Neste cenário é possível simular a atividade operacional, situações de emergência em voo e combate. São exemplos de situações simuladas a falha de motores em pleno voo ou em processo de decolagem, situações de incêndio na aeronave e até colisões com aves. (FAB, 2017).



Figura 5 – Simulador de Aeronave Patrulha P-95BM

Fonte: FAB, 2017.

Além dos recursos virtuais, a FAB também investe no desenvolvimento do *hardware* para treinamento simulado com realidade aumentada. Em 2017, Esquadrão Netuno (3º/7º GAV), que realiza missões de patrulha e reconhecimento, produziu um novo simulador a partir da modernização das aeronaves P-95BM (Figura 5).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nas últimas décadas o avanço tecnológico permitiu grande incremento de diversas tecnologias nas atividades de defesa. No

contexto da guerra cibernética, a tecnologia de Realidade Aumentada e Virtual reflete muito sobre o desenvolvimento de um país como um todo, pois possibilita a aplicação de recursos tecnológicos na proteção do território, da economia e da sociedade.

O uso da Realidade Aumentada e Virtual nas Forças Armadas apresenta-se como grande ferramenta para o desenvolvimento de novas táticas operacionais, seja em treinamento ou no ambiente real. Este *upgrade* coloca as forças de defesa em um patamar diferenciado na guerra cibernética.

A utilização da Realidade Aumentada e Virtual nas Forças Armadas brasileiras já se encontra em fase aplicação, mas é ainda um recurso em desenvolvimento. Contudo, a aplicação deste recurso torna mais eficaz a atividade de defesa, com avanço em diversos aspectos, tais como treinamentos, cenários simulados de combate, busca e salvamento, preparo psicológico, entre outros que beneficiam não apenas ações militares em prol do país, mas também a sociedade como um todo.

REFERÊNCIAS

ALFORD, J; **Marines Take Augmented Reality To The Military Field**. Disponível em < <http://www.experenti.eu/ar/marines-take-augmented-reality-to-the-military-field>> Acesso em 24 abr. 18.

ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil. **Qualificação de Dispositivos de Treinamento - Simuladores de Voo (FSTD) - 2016**. Disponível em: <<http://www.anac.gov.br/assuntos/setor-regulado/empresas/simuladores-de-voo-fstd/qualificacao-de-dispositivos-de-treinamento-simuladores-de-voo-fstd>> Acesso em 27 de abr. 2018.

AZUMA, R., BILLINGHURST, M., KLINKER, G. **Special Section On Mobile Augmented Reality**. Journal of Computers and Graphics, vol. 35, issue 4, ago, 2011.

BARWINSKI, L. **Holografia Tátil: Conheça A Tecnologia Que Revoluciona A Interatividade**. Disponível em <<http://www.tecmundo.com.br/realidadeaumentada/2575-holografia->

tatil-conheca-a-tecnologia-que-revuluciona-a-interatividade.htm>

Acesso em 25 abr. 2018.

BEHZADAN, A. H. **Use Of Virtual World Technology In Architecture, Engineering And Construction: Integrated Information Modeling And Visual Simulation Of Engineering Operations Using Dynamic Augmented Reality Scene Graphs.** Journal Of Information Technology In Construction: ITcon. Vol.16, p. 259-278, 2011.

CENTRO DE INSTRUÇÃO DE BLINDADOS (CIB). **O Uso Militar da Realidade Aumentada.** Disponível em <<http://www.cibld.eb.mil.br/index.php/periodicos/escotilha-do-comandante/367-o-uso-militar-da-realidade-aumentada>> Acesso em 08 abr. 2018.

COHEN, Rafael. **Análise Da Aplicação Da Realidade Aumentada À Montagem Final Das Aeronaves.** 76 folhas. Dissertação de Mestrado em Engenharia Aeronáutica e Mecânica- Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos.

CUPERSCHMID, A; AMORIM, J; MATOS, C; **Uso De Realidade Aumentada Para O Treinamento Militar.** Disponível em <http://rmct.ime.eb.br/arquivos/RMCT_3_tri_2015/RMCT_187_E8A_13.pdf> Acesso em 08 abr. 2018.

FAB – Força Aérea Brasileira. **Esquadrão Netuno desenvolve simulador para aeronave modernizada de Patrulha - 2017.** Disponível em: <<http://www.fab.mil.br/noticias/mostra/30944/>> Acesso em 27 de abr. 2018.

FAB – Força Aérea Brasileira. **Quem Desenvolve Os Cenários Simulados De Voos.** Disponível em <<http://www.fab.mil.br/noticias/mostra/22853/NOTAER%20%20quem%desenvolve%20os%20cenario%20simuladores%20devoos>> Acesso em 25 abr. 2018.

KIRNER, C; TORI, R; SISCOOTTO, R; **Fundamentos e Tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada.** Belém - Pará: SBC – Sociedade Brasileira de Computação, 2006.

LOPES, M. C. *et al.* Caixa de areia interativa: um jogo em realidade aumentada em dispositivo móvel sobre a água. **In: VI Congresso Brasileiro de Informática na Educação (CBIE 2017).** Recife: UFPE, 2017. Disponível em

<<http://www.br-ie.org/pub/index.php/wcbie/article/view/7436/5232>>

Acesso em 24 abr. 2018.

MATOS, C. E. A. B. **Novos Métodos para Treinamento Tático**. Monografia de Conclusão de Curso, Academia Militar das Agulhas Negras - Bacharelado em Ciências Militares. Resende: AMAN, 2009.

MILGRAM, P et al. (1994); **Augmented Reality: A Class Of Displays On The Reality-Virtuality Continuum**. Telemanipulator and Telepresence Technologies, SPIE, V.2351, p. 282-292.

SHEN, Z; JIANG, L; **An Augmented 3D Ipad Mobile Application For Communication, Collaboration, And Learning (CCL) Of Building MEP Systems**. Computing in Civil Engineering, p. 204-212, 2012.

VRSCOUT. US Navy Testing Gunnery Augmented Reality Helmet Next Month 2017. Disponível em: <<https://vrscout.com/news/us-navy-augmented-reality-helmet-gun/>> Acesso em 25 abr. 2018.

WATZDORF, S. VON, MICHAHELLES, F. **Accuracy of positioning data on smartphones. Proceedings of the 3rd International Workshop on Location and the Web**. ACM, 2010.

YABUKI, N., HAMADA, Y., FUKUDA, T. **Development Of An Accurate Registration Technique For Outdoor Augmented Reality Using Point Cloud Data**. Proceedings of the 14th International Conference on Computing in Civil and Building Engineering, 2012.



Cristiano Torres do Amaral

Escritor, engenheiro, geógrafo, mestre em engenharia elétrica e mestre em geografia, doutor em desenvolvimento regional e meio ambiente. Atuou na gestão, coordenação e docência de cursos superiores e tecnológicos em ciências exatas, geociências, segurança pública e defesa.