

AMBIENTE E INOVAÇÃO: LIÇÕES DOS PRIMÓRDIOS DA AVIAÇÃO

Adriano Batista Dias*

1. Introdução

O presente trabalho, com base em registros históricos de obras clássicas e em fontes relacionadas a instituições oficiais e oficiosas, analisa aspectos essenciais dos processos de desenvolvimento de inovação tecnológica desses pioneiros dos primórdios da aviação. Focaliza a atenção, a partir do registro e análise de fatos, nas inovações desenvolvidas pelos destacados inventores e inovadores nas suas ações como empreendedores, relacionando-as aos ambientes em que tomaram lugar.

O ambiente é, por unanimidade, considerado uma importante variável na explicação dos caminhos tecnológicos traçados por indivíduos e instituições. O nível de importância pode variar conforme abordagens e conforme situações específicas. Há, até quem seja considerado, no extremo, toman-

do o ambiente como univocamente determinante. Mas, não há o extremo oposto de desprezar o ambiente como tendo participação nula.¹ O ambiente, será visto aqui ter um forte componente importante na explicação dos caminhos tecnológicos e consequente natureza dos feitos dos principais inovadores dos primórdios da aviação. Será considerado aqui em duas dimensões. Numa primeira, toma-se o processo de formação desses inovadores, Santos-Dumont e os irmãos Wright. Numa segunda dimensão, toma-se o processo de desenvolvimento das inovações consubstanciadas em novos artefatos aéreos.

A Seção 2 descreve os elementos relevantes dos ambientes de formação dos inovadores e dos processos de desenvolvimento de suas inovações. A Seção 3 anali-

Ambiente e
Inovação:
lições dos
primórdios
da aviação

Adriano Batista

* Pesquisador da FUNDAJ, Engenheiro Mecânico, Ph.D. em Economia.

sa os feitos, deixando patente sua relação com os correspondentes ambientes. A Seção 4, à guisa de conclusão, traz lições retiradas da análise desenvolvida.

2. Os Ambientes

2.1. Os dois ambientes de um pioneiro

Alberto Santos Dumont nasceu e criou-se num país onde atividades industriais haviam sido praticamente proibidas, a interesse dos ingleses. E, mesmo após a independência formal em 1822, permaneciam relegadas pela mesma elite agrária formada pelos interesses ingleses e pela Coroa portuguesa. Nascido em 1873, quando o Brasil ainda era um império escravocrata, foi, Santos-Dumont, com seus sete irmãos, criado em ambiente rural, como parte de uma família integrante da elite agrária brasileira. Mas, numa situação beneficentemente atípica. Seu pai não era um advogado, como se esperaria de um membro ilustre dessa elite. Estava longe do padrão típico da época. Investia em maquinário e equipamento que poupavam trabalho humano e concorriam para exercer melhor controle sobre a qualidade do produto. Preferia contratar imigrantes europeus a contar com trabalho escravo. Era um racional engenheiro, cujo pendor para negócios o fez acumular grande fortuna na atividade de produção cafeeira, como um em meio a outros negócios que anteriormente tivera. Não se sentiam expostos, o pai e o filho, à obrigação de trabalhar para a obra divina. Trabalhavam para satisfazer seus próprios objetivos pessoais.

As conversas da família, de após o jantar, fizeram importante parte do processo de formação de Santos-Dumont. Ganhara ainda momentos extras de formação pela atenção especial que seu pai lhe dava, satisfeito com o eco que nele encontrava de sua fascinação com a engenharia e, em especial, com mecânica e motores. Suas referências estavam na distante Europa, e mais especialmente na França, aonde, após ter abandonado a Escola de Engenharia de Minas de Ouro Preto, se dirigiu aos dezoito anos

de idade, para, por conselho de seu pai, completar sua formação em ciência, de forma mais diretamente dirigida à mecânica.

No jovem que aos doze anos já comandava com habilidade locomotivas na via férrea da fazenda de seus pais, havia a completa consciência da falta de condições, no então rudimentar aparelho produtivo brasileiro, para a realização de avanços tão radicais, como a navegação aérea iria requerer. E, saindo do seu país natal, não faria sentido ir para outro local que não fosse o que melhor atendesse a essas condições, o mais avançado no sentido global, o que inclui os aspectos produtivos e os culturais. Assim, fixou-se, aos dezoito anos, na capital da França, na Paris que já lhe era conhecida e que, desde meados do século XIX, passara a deter uma auréola de expressão suprema de cultura e de civilização. Onde havia sido produzido o primeiro automóvel, produzia-se triciclos com motores leves a explosão e a vapor, e estava acumulado o melhor conhecimento adequável ao desenvolvimento da navegação aérea, tanto assim que em 1904 passaria a deter a primeira fábrica de aeronaves mais-pesadas-que-o-ar, iniciada, obviamente, com planadores (HARGRAVE, 2005). Coincidentemente era em Paris onde disporia de algum apoio familiar, pois lá moravam parentes seus. Passara a dispor, por doação dos pais, de meio milhão de dólares a preços da época. Era recurso suficiente para viver razoavelmente e investir em seus projetos, desde que moderadamente pequenos. Mesmo limitados ao seu orçamento pessoal, se viram compatíveis, com o desenvolvimento de soluções magistrais numa área em efervescente progresso.

Enquanto o ambiente parisiense favorecia o sonhar com soluções radicais, não lhe faltava o espírito do empreendedor, capaz de ver o que os seus circundantes não viam (SCHUMPETER, 1982),² de formular estratégia para o seu empreendimento usando a melhor informação possível e de assumir risco racional face à inexorável imperfeição e

Ambiente e Inovação: lições dos primórdios da aviação

Adriano Batista

incompletude da informação,³ adicionadas à habilidade manual e de operação de sistemas mecânicos. O ambiente viabilizou, ainda, a contratação de preceptor particular para a formação em mecânica, matemática e eletricidade.

2.2 O interior dos EEUU: o ambiente dos dois irmãos Wright

Os Wright foram criados e mantiveram-se culturalmente inseridos num ambiente de forte dinamismo econômico e tecnológico, a cidade de Dayton, centro norte dos EEUU. Fundada em 1796, numa região cuja ocupação fora viabilizada pelo pacificador Tratado de Greenville (TREATY, 2005), o povoado via, na virada para o século XIX, sua principal edificação, construída com toros de madeira, servir conjuntamente como escola, igreja, fórum e loja de suprimentos (A SPECIAL, 2005). Em meados do século XIX veio a participar da “febre” por patentes,⁴ com o registro da patente de um invento que bem caracteriza o nível das preocupações típicas do seu ambiente: a escada de degraus planos, em vez de roliços (DISCOVER, 2005). Na virada para o século XX Dayton representava um centro produtor de máquinas e implementos agrícolas e era a sede da National Cash Register Company, a maior força atrás da prosperidade da cidade (DAYTON, 2003). Representavam essas, a inovação de maior importância, de âmbito mundial, para as empresas do comércio. Eram cerca de 80 mil os habitantes; as fábricas de máquinas, implementos agrícolas e material ferroviário chegavam a cerca de mil. A nata da cultura local estava formada pelos donos de pequenos empreendimentos de mecânica e metalurgia. Compreensivelmente, era um ambiente onde a formação empírica era a referência, mesmo onde a inovação fosse intensamente praticada. Tal inovação, é compreensível, era majoritariamente *minor* de desprezível impacto sistêmico, desvinculada de sensíveis efeitos de retroalimentação por parte de instituições econômicas e culturais. A gigante National Cash Register Company era isola-

da em termos de empresas, a ela análogas, que pudessem formar uma avançada elite gestora e técnica no local.

Compunha, também, o ambiente de formação dos irmãos Wright, a religiosa protestante e conservadora que, ainda hoje, caracteriza o interior norte-americano. Especialmente inseridos naquele ambiente, estavam, como filhos de um exemplar bispo da igreja United Brethren, cujo nível na hierarquia da instituição pode ser inferido pela sua nomeação para a jurisdição sobre a inteira costa do Pacífico (REYNOLDS, 1950, p.74), atipicamente arraigados à idéia de ganhar a vida eterna trabalhando duro e construindo riqueza na terrena (WEBER, 1981). O prêmio ao caminho de trabalhar contínua e arduamente tende a pôr maior peso ao trabalho na relação “pensar e trabalhar”, favorecendo o vislumbre de caminhos com relativa maior densidade de modificações de menor âmbito.

Permaneceram, no decurso de seus processos inovativos, no ambiente de Dayton, expandido das relações de âmbito nacional a que suas invenções/inovações conduziam, tais como a legislação e a competição com outros inventores/inovadores no território norte-americano. Dayton expandia suas atividades manufatureiras e, já em 1897, abrigava o maior produtor de bicicletas nos EEUU (THE DAVIS, 2005), mas os aspectos culturais, os marcantes na conformação do ambiente do processo inovativo dos Wright, fazia-o limitado, não favorecendo à construção da visão necessária a inovações complexas, envolvendo radicais avanços tecnológicos e elos de diversa natureza, políticos, sociais e econômicos, passíveis de serem devidamente tecidos.⁵

Já nos tempos de escola, apresentavam os Wright a postura de aguerridos realizadores de empreendimentos. Construíram uma carroça, eles mesmos, com rodas de bicicletas, uma novidade cara na época, mas leve, em comparação com as rodas alternativas disponíveis. A usavam para, após a volta da escola, saírem à cata de objetos

Ambiente e
 inovação:
 lições dos
 primórdios
 da aviação

Adriano Batista

atirados ao refugio pelos seus donos (REYNOLDS, 1950), cujo valor da venda justificasse o esforço de carregá-los. Desde cedo exercitavam a capacidade de empreender e de avaliar. Lançaram um jornal em 1889, Wilbur então com 21 e Orville com 17 anos. Esse semanário, denominado West Side News, estabeleceu a estreita relação de trabalho que se fixaria entre eles (THE WRIGHT, 2003a). Propiciou-lhes acesso privilegiado à informação e treino em como obter e selecionar a informação desejada, muito conveniente para as tarefas relacionadas ao desenvolvimento da aviação. Precisavam absorver o conhecimento já acumulado, o estado das artes, sobre o assunto e se manterem em sintonia com os avanços. Em 1893 os irmãos abriram uma empresa para conserto e fabricação de bicicletas, bem como representação de outros fabricantes (THE WRIGHT, 2003b), expandindo seus dotes mecânicos e gerenciais, completando, assim, sua potencialidade para ações inovadoras na que lhes parecia promissora: a área aeronáutica.

3 Caminhos e Feitos

3.1 A radicalidade desinibida

Santos-Dumont inicia uma saga de inovador promovendo a primeira corrida de triciclos, juntando como competidores um grupo de entusiasmados esportistas de Paris, onde havia grande número deles. Contra os prognósticos do locador da área, a corrida não foi um fracasso, nem apresentou acidentes. Foi um grande êxito de bilheteria. Realizada a inovação, o espírito inovador de Santos-Dumont retirou-o dessa arena, dirigindo-o para a aerostação.

Logo após seus primeiros vôos em balões livres, que naquela época abundavam em Paris, projeta e comanda o empreendimento de desenvolver o reconhecidamente menor aeróstato livre até então construído,⁶ com câmara de apenas 113 m³, quando o mínimo admitido pelos técnicos era 250 m³ (SANTOS-DUMONT, 1918).⁷ Conseguiu isso através de um projeto aprimorado, especial-

mente na quantificação dos parâmetros críticos, juntamente com a introdução simultânea de várias inovações nesse seu primeiro aeróstato, em 1898.⁸ O pleno êxito do empreendimento, do ponto de vista prático, fica por conta de dezenas de ascensões realizadas nesse balão, a que denominou Brasil. Além de marcar seu nome entre os aeronautas de sua época através do seu desafiador aeróstato livre, pôde, ainda, atingir o objetivo de ganhar a proficiência na navegação aérea que pudesse ser obtida na ascensão com aeróstatos livres. Tal conhecimento tácito lhe seria necessário para a etapa de vencer o desafio da dirigibilidade.

A ousada adaptação do motor a explosão à navegação aérea foi o marcante passo seguinte. Não havendo no mercado motor a explosão com a relação peso potência adequada, decidiu conceber um. A partir do conhecimento já acumulado na Europa sobre motores, teve a idéia de juntar dois cilindros num motor previamente pensado para um único, produzindo o que se conhece como o primeiro motor leve, com 3,5 hp e apenas 30 kg (VILLARES, 1956). A experiência adquirida por Santos-Dumont em ascensões em seu Brasil e o conhecimento do estado da arte na tentativa de construção de dirigíveis, bem contido no Aéro Club de France (então sem congênere nos EEUU), subsidiaram um conjunto de inovações voltadas para os dirigíveis, inventadas e desenvolvidas pelo Santos-Dumont. Destaca-se a utilização de lastros móveis que permitiam alinhar o eixo longitudinal da câmara dos aeróstatos dirigíveis com a trajetória ascensional ou descensional, poupando lastro descartável (VILLARES, 1956), o que de outra forma limitaria substancialmente o raio de manobra dos dirigíveis; a supressão da pesada rede que envolvia câmara, suspendendo a nacele por cabos diretamente presos a essa câmara; a utilização de cabos de aço, de menor diâmetro; e a quilha de seção triangular, que passou a ser usada em todos os dirigíveis de câmara flexíveis que foram até hoje construídos.

Ambiente e inovação: lições dos primórdios da aviação

Adriano Batista

Ainda em 1898 já alcançara com o dirigível **No 1** um “certo nível de dirigibilidade”, atingindo até 30 km/h, subindo até 400m (COSTA, sem data), mas nem por isso seria considerado resolvido esse problema. Construiu e usou outros dirigíveis que lhe permitiram desenvolver e agregar conhecimento tácito em pilotagem e concepção. Em 19 de outubro de 1901, com seu dirigível **No 6**, satisfaz a condição de, partindo da sede do Aéro Club de France, em Saint Cloud, contornar a Torre Eiffel e voltar ao ponto de partida, uma distância de 11 km vencida em 29 minutos e 15 segundos, arrebatando o prêmio Deutsch de la Muerthe, e estabelecendo a irrefutável prova pública da efetiva dirigibilidade dos aerostatos. O seu dirigível **No 9** é usado, em 1903, diariamente, durante meses, em seus deslocamentos urbanos em Paris, estabelecendo pública demonstração da usabilidade corrente dos dirigíveis (POLILLO, 1950).⁹

Entre 1903 e 1905 Santos-Dumont introduz aperfeiçoamentos convenientes ao uso aeronáutico no carburador e no sistema de ignição dos motores a explosão e, entre a construção de uns e outros dirigíveis com propriedades e fins específicos,¹⁰ constrói a primeira embarcação acionada por hélices aéreas.¹¹ O deslizador aquático, a primeira lancha com hélice aérea mundialmente concebida não tinha asas (VILLARES, 1956). Hoffman, exigindo uma função para o qual não foi desenhado, prefere ver no deslizador mais um fracasso de Santos-Dumont, por ela não ter decolado e voado (HOFFMAN, 2004).

Santos-Dumont decidiu em fins de 1905 empenhar-se em busca de solução para o mais-pesado-que-o-ar. Projetou e produziu um artefato que tomou a denominação de 14-Bis. O fez aplicando suas energias e seus dotes intelectuais centrados no foco do problema, o desenvolvimento do artefato em si, separando o problema do seu desenho da questão da sua motorização, para o que confiou em motores de terceiros, já que haviam satisfatórios no mercado local. Sem experiência com planadores, desenhou seu artefato com base na informação que pôde

absorver das tentativas anteriores de outros pioneiros e no conhecimento de física e mecânica que adquirira. Em adição ao uso de um animal de tração para ganhar conhecimento sobre as propriedades aerodinâmicas do equipamento, assenhorou-se da arte de pilotar treinando de uma forma que era monopólio seu, mantendo o artefato suspenso pelo seu dirigível **No14**. Perante ele estava o desafio de dois prêmios que estabeleciam condições bem definidas a que devia satisfazer,¹² tais como a de decolar por seus próprios meios,¹³ voando por extensão mínima de 25 metros um e de 100 metros o outro. Em agosto de 1906 Santos-Dumont fez a primeira tentativa de voar, não bem-sucedida, desde que o 14-Bis não era suficientemente potente. O motor 24 hp que instalara no 14-Bis não podia dar suficiente empuxo ao aeroplano de 300 kg de peso de decolagem (MUNSON, 1969).

Em 23 de outubro de 1906, com um motor Antoinette, de 50 hp (CUNHA,2003), o 14-Bis participa da primeira prova pública,¹⁴ como tal anunciada com antecedência e com o acompanhamento de comissão formalmente constituída para acompanhar e avaliar o resultado, validando-o. Ultrapassou o limite mínimo estabelecido de 25 metros, com decolagem com seus próprios meios, fazendo jus à taça Archdeacon. Em 12 de novembro voa 220 metros com o XIV-Bis em outra prova pública, com idênticos procedimentos formais, obtendo o prêmio Aéro Club de France. Registre-se que, ao 14-Bis, após a primeira prova, Santos-Dumont, como resultado da experiência adquirida adicionara *ailerons* nas caixas mais externas,¹⁵ entre as asas superior e inferior, para controle do equilíbrio do rolamento ao longo do eixo longitudinal: “Os dois lemes laterais eram *novos* em todos os sentidos; não existiram no “14-bis”, ao tempo da realização de 23 de outubro; não haviam existido em parte alguma de que se tivesse conhecimento na terra” (POLILLO, 1950, p.226).

Santos-Dumont não vê como uma estratégia de melhoramentos *minors* possa fazer

Ambiente e
inovação:
lições dos
primórdios
da aviação

Adriano Batista

o 14-Bis passar à etapa de uso continuado para fins práticos. A intrínseca instabilidade longitudinal trazida pelo leme de profundidade dianteiro, que percebera, não é condizente com o uso prático continuado. Não insistiu. Abandona-o. Só uma concepção radicalmente diferente poderia solucionar o problema. Passa novamente um período produzindo inovações sem maiores repercussões até que, inspirado em modelos de Blériot (CENTURY, 2003), construiu em 1907-1908 a série Demoiselle, monoplanos ultraleves de hélice dianteira e lemes traseiros, feitos de bambu e seda, constituída de três modelos com estruturas diferentes, quanto a diferenças de pequeno porte no corpo da aeronave (VILLARES, 1953). Foram melhoramentos que representavam a incorporação de conhecimento tácito advindo da experiência com seu uso e de reflexão sobre essa experiência. Pesando apenas 69 Kg, a terceira versão do Demoiselle tornou-se a sensação em toda a Europa e nos Estados Unidos. Foi, a um só tempo, o primeiro ultraleve e o primeiro avião a satisfazer a condição de *"built-yourself"*, tal que se pode dizer: "um modelo tão bem-sucedido que, nos dias de hoje, faria bonito em qualquer competição de ultraleves" (MUYLEAERT, 2004). Decolava com apenas 70 metros de pista e voava com velocidade de cruzeiro de 80 km/h.¹⁶ Como sempre as plantas foram postas em total disponibilidade para os interessados. Foi largamente copiado, produzido e vendido "aos milhares, introduzindo uma nova geração na sensação de voar por menos de 500 francos" (CENTURY, 2003) e concorrendo, assim, para a difusão da aviação.¹⁷ Para esse exitoso empreendimento Santos-Dumont concebeu, projetou e contratou a produção de um motor radicalmente diferente dos que havia anteriormente usado. Criou um motor de alta leveza, com a concepção inteiramente nova, 2 cilindros opostos, produzindo 35 hp e pesando apenas 40 kg (VILLARES, 1953), tendo ido diretamente do projeto, feito em uma prancheta, para a bancada de confecção e daí, diretamente para o uso prático.¹⁸

Visando o reconhecimento público pela contribuição à aviação, Santos-Dumont não se preocupava com segredos e, menos ainda, com a obtenção de patentes.¹⁹ Considerava-as instituto contrário à maior velocidade da construção coletiva.²⁰

Aos 36 anos Santos-Dumont recebeu o diagnóstico de esclerose múltipla. Depois disso ainda registrou sua única patente, relativa a um aparelho para possibilitar o deslocamento de esquiadores encosta acima (HOFFMAN, 2004). Mostra, essa ação, que ele não era contra o instituto da patente, como pensam uns. Muito acertadamente, apenas, a achava, como Thomas Alva Edson, inadequada à aviação em seus primórdios.

3.2 A radicalidade minimizada

Interessados na idéia da aviação desde a juventude, decidiram os Wright, inspirados no piloto de planador alemão Otto Lilienthal, que consideravam "o pai do vôo planado", dedicar esforços para tentar resolver o problema do vôo do mais-pesado-que-o-ar (KELLY, 1969). Seguindo uma estratégia delineada por Lilienthal, o domínio do vôo planado seria o passo para a sua solução. Dobrar a capacidade de um planador, colocando um motor à guisa de um segundo piloto, dotando o segundo peso de capacidade de empuxo, prolongaria o vôo. E, sendo o empuxo suficiente, poderia produzir um vôo sustentável.

Os Wright, conduzidos à formação autodidata pelo ambiente limitado de Dayton, seguiram o caminho correto de busca sistemática do publicado que lhes fosse acessível. Com o conhecimento assim adquirido, desenharam e produziram planadores não tripulados. A partir deles, desenharam e produziram planadores tripulados, ganhando sistematicamente, conhecimento tácito e incorporando-o como melhoramentos. Como resposta à consulta ao U.S. National Weather Bureau, em 1899, receberam uma carta dos ventos no espaço territorial norte-americano. Escolheram Kitty Hawk, uma ilha no litoral norte da Carolina do Norte com

Ambiente e
 inovação:
 lições dos
 primórdios
 da aviação

Adriano Batista

ventos e colinas bem adequadas ao vôo planado tripulado, as Kill Devil Hills (CHAPMAN e HANSON, 1997) e, principalmente, pela, em geral esquecida na literatura de língua inglesa, condição especialmente favorável ao completo segredo, como praia deserta no inverno.²¹

Os Wright, diz a literatura baseada em suas anotações pessoais, meticulosamente checaram os dados aerodinâmicos publicados sempre que a prática em seus planadores não se coadunava com a informação publicada. Para tal, construíram um pequeno túnel de vento, como em 1884 havia feito Horatio F. Phillips, na Inglaterra (PILOTS, 2003), e fizeram experimentos em escala reduzida, para testar formas de asas e as respectivas forças de sustentação vertical, e de resistência ao deslocamento (GATES, 2000). O domínio do vôo planado, em curtos espaços de uma centena de metros, segundo Kelly (1969, p. 40), excelentes distâncias para a época, foi, em três anos, em 1902, conseguido pelos Wright. O seu planador tripulado, biplano, com leme de profundidade dianteiro, assim disposto para funcionar como uma proteção nas aterrissagens, satisfazia para esses vôos curtos. Notável, na fase de vôo planado sem motor, é o aperfeiçoamento introduzido pelos Wright na forma de comando sobre rotação segundo o eixo longitudinal. Uma importante inovação, inspirada nos pássaros, materializada na forma de flexibilização das pontas das asas, possibilitando ao piloto modificar suas curvaturas e assim inclinar lateralmente as asas, como fazem os *ailerons*.²²

A etapa seguinte, desenvolvida em 1903, no caminhar com radicalismo minimizado, consistiu em motorizar o planador. Teve as dimensões expandidas para suportar o peso adicional do sistema de propulsão, passando a denominar-se Flyer. Ignoraram a fabricação de motores leves na Europa e solicitaram às fábricas de automóveis norte-americanas cotações de preços para motores leves. Mas, investir em tal projeto, sem mercado previsível de dimensão atrativa, não

interessou a nenhuma. Decidiram, então, construí-lo com o mecânico de sua loja de conserto e fabricação de bicicletas. O motor fabricado, de quatro cilindros em linha, refrigerado a água, produzia 12 hp e pesava 69 Kg. Deveria prover sustentação à aeronave, com peso total de decolagem de 340 kg (MUNSON, 1969, p.21). Mas, seu aparelho, com esse motor dependia de condição fortuita para decolar, na forma de vento com suficiente velocidade, como a autobiografia revela: "*Monday, December 14, dawned beautifully clear, but cold, and there was not enough wind to permit a start from level ground near the camp*" (KELLY, 1969, p. 56).²³

O aparelho com leme de profundidade dianteiro teria que ser intrinsecamente instável.²⁴ Mas, a por demais curta distância entre esse leme e o centro de sustentação tornou a instabilidade dramática.²⁵ O segundo modelo de planador motorizado, de 1904, manteve a conformação do anterior, aumentando essa distância crítica. Tinha 18 hp, um aumento de potência conseguido através, basicamente, de maior diâmetro dos cilindros (INDEX, 2003). Foram mudanças de natureza adaptativa, apoiadas em método tentativa-erro, aplicações de conhecimento obtido com o primeiro modelo.²⁶ Mas, ainda havia a necessidade de vento forte para a decolagem que faltava em Simms Station, subúrbio de sua cidade domicílio Dayton, onde decidiram continuar a aperfeiçoar seu artefato. Uma catapulta foi, então, construída para permitir as decolagens (KELLY, 1969). Na terceira versão do planador motorizado, em 1905, destacou-se como modificação a retirada do lastro introduzido em 1904, permitindo ainda maior potência por unidade de peso do aparelho.

Em setembro de 1908, após o seu contemporâneo Glenn Curtiss ter voado centenas de metros em um avião nos EEUU, abandonaram a exigência de pagamento pelo seu aparelho antes de vê-lo, a qual faziam a todos com que tentavam negociar seu invento, e Orville voa em Fort Myer, em negociação com as forças armadas norte-americanas. Trata-

se do quarto modelo, o Wright A, com aperfeiçoamentos *minors* em relação aos anteriores, mantida a concepção básica de biplano com leme de profundidade dianteiro, com um motor agora produzindo 37 hp, pesando 72 kg. Fruto de uma série de modificações experimentais, pesa só ligeiramente mais que seu motor de 18 hp, de 1904-1905, que tinha cerca de, respectivamente menos, apenas, 2,5 kg, apresentando, todavia, o dobro da potência. Estava sanado, enfim, o problema de deficiente motorização, que os afligia nos experimentos secretos de 1903 a 1905, para os quais não se pode ter certeza se seus artefatos já superavam a fase de planadores motorizados, que só poderiam decolar aproveitando uma forte lufada de vento contra, capaz de subitamente proporcionar a superação da velocidade mínima em relação ao ar que permita a decolagem. Em novembro, Wilbur Wright vai com o Wright à Europa, onde ganhou, sucessivamente, prêmios por vôos em provas públicas com um mais-pesado-que-o-ar a uma altitude mínima de 30 m, que lhe deu o prêmio do Aéro Club de Sarthe em 13 de novembro de 1908; a uma altitude superior a 25 m, o que lhe deu o prêmio do Aéro Club de France, em 18 de novembro; e a uma altitude superior a 100 m, que lhe deu o prêmio do Aéro Club de Sarthe, em 18 de dezembro do mesmo ano (KELLY, 1969).

Os Wright receberam em 1906 a aprovação da patente de um artefato voador pelo USPTO – United States Patent and Trademark Office (BRADSHAW, 2003). Não é a patente de seu modelo motorizado, o Flyer, como em geral é pensado. É de seu planador desenvolvido em 1902. Dele também receberam patente na Inglaterra. Sobre o seu planador motorizado de 1903 e modelos de 1904 e 1905, foi guardado segredo total. O seu avião Wright A também foi guardado de mentes e olhares estranhos até o vôo em Fort Myer, em 1908 (HOBBS, 1971).

A obsessão dos Wright pelo segredo não era compartilhada pelo seu amigo engenheiro Octave Chanute, o que lhes permitiu ter alguma influência no desenvolvimento da

aeronáutica antes de voarem em 1908 com o Wright A. A palestra de Chanute no Aéro Club de France, em abril de 1903, apresentando os feitos em termos de domínio de vôo conseguido com o planador dos Wright de 1902,²⁷ desencadeou a construção de alguns planadores nele inspirados.

Os Wright tiveram influência, também, através das apresentações em público, em 1908, de seu avião Wright A e da utilização de seus aviões por terceiros. Eles produziram oito unidades nos EEUU: seis foram produzidas sob licença na Inglaterra e algumas (um pequeno número não exatamente conhecido) na Europa Continental (GIBBS-SMITH, 1963, p. 16). Um indicador da intensidade da importância da contribuição dos Wright à aeronáutica é que, após desenvolver uma adaptação do Wright A para as forças armadas do seu país em 1908, não houve ações que dessem continuidade a esse feito pois, durante a Primeira Guerra Mundial, os EEUU "*did not have a single combat aircraft in her inventory. a result, American pilots flew the aircraft of its allies, England, France and Italy*" (U.S. AIR, 2003).²⁸

4. Lições

Santos-Dumont e os Wright foram grandes inventores e inovadores. Pela profusão de inovações radicais e marginais Santos-Dumont, entretanto, coerentemente com o ambiente mais estimulante e apoiador em que trabalhou, foi um inventor e inovador em uma ordem de grandeza superior aos Wright. Esses, mesmo conduzidos ao autodidatismo pela limitação do ambiente em que estavam, usaram conhecimento codificado para conceber um tipo de aeronave - um planador e, depois, um motor a explosão convenientemente leve visando a transformar o planador num avião. Parte devido à ausência de outros aeronautas na área de Dayton, parte pela ênfase no trinômio competição-patente-segredo, do ambiente dos EEUU, mantiveram-se afastados da comunidade de inventores enquanto, aplicando conhecimento tácito adquirido pela experi-

Ambiente e inovação: lições dos primórdios da aviação

Adriano Batista

ência aperfeiçoaram continuamente seu modelo de aeronave e seu motor de quatro cilindros em linha.

Santos-Dumont, que contou com adequada formação de conhecimento formal obtida por meios informais, facilitada pelo desenvolvido ambiente de Paris, desenvolveu vários tipos diferentes de artefatos aeronáuticos. Inovou, utilizando conhecimento codificado para produzir o menor balão livre tripulado. Novamente utilizou conhecimento codificado para produzir seu primeiro balão dirigível e, depois, predominantemente conhecimento tácito para produzir uma série de balões. Provou publicamente, em prova pública e através de uso continuado, a dirigibilidade dos balões. Novamente voltou a se apoiar primordialmente em conhecimento codificado para produzir seu primeiro avião. Provou publicamente que era possível a um artefato decolar por seus próprios meios e voar por uma certa extensão significativa com um avião também de leme de profundidade dianteiro. Mas não insistiu na tentativa de aperfeiçoar um aparelho que tinha um irremovível problema de instabilidade longitudinal. Novamente com base em grande dose de conhecimento gerado pelos seus colegas do Aéro Club de France, em soma a seu conhecimento tácito sobre o mais-pesado-que-o-ar, elaborou outro projeto inteiramente distinto, com estabilidade longitudinal dada pela configuração do leme de profundidade traseiro. Foi o ultraleve *Demoiselle*, projeto que se converteu no avião mais difundido da época e concorreu sobremaneira para consolidar a aviação civil.

Os Wright, após cinco anos de contínuo aperfeiçoamento de um motor, conseguiram apenas cerca da metade da potência por unidade de peso que o outro obteve com um motor cujo projeto, baseado no conhecimento existente na fronteira da produção, não restrito a nenhum específico modelo anterior, foi diretamente da prancheta para a bancada de produção e dela para o uso prático.

Divergiram os inventores/inovadores Santos-Dumont e os Wright face às ques-

tões da secretitude e da patente, pelo uso da transparência, adotada por Santos-Dumont, e da patente e segredo, adotados pelos Wright. O primeiro tinha um objetivo de duas faces, uma de se colocar no centro do pódio do reconhecimento público na época e outra, coerente com a primeira, a de difundir a aviação. Quanto aos dirigíveis, além da prova de seu uso prático, viu as quilhas dos dirigíveis passarem a ser feitas segundo a solução em células triangulares que desenvolvera. Quanto ao avião, produziu as primeiras provas públicas da viabilidade do vôo do mais-pesado-que-o-ar, lançou os *ailerons* usados universalmente por todos os aviões modernos e viu seu último modelo converter-se no mais difundido de seu tempo. Facilitado pelo ambiente favorável, usou o melhor conhecimento disponível e atingiu plenamente seu objetivo. Os Wright também tinham um objetivo de duas faces. Queriam ser os primeiros a voar num mais-pesado-que-o-ar e queriam ganhar dinheiro com seu invento/inovação. Preferiram fazer uso de patenteamento, um instrumento não adequado para a proteção de seu invento/inovação e fizeram do segredo um esteio, instrumentos supremamente valorados no ambiente dos EEUU. Utilizaram-no de forma tão intensa que terminaram por se isolar no momento crucial de efervescência tecnológica relativa à questão que queriam resolver, a do vôo do mais-pesado-que-o-ar. O modo de intenso apelo ao segredo coincide com maus resultados nos processos de negociação em que se negavam a voar, como prova requerida.

Os Wright não foram considerados no seu próprio país, nas primeiras décadas do século passado, como os primeiros a voar num mais-pesado-que-o-ar, mas foram muito justamente considerados como participantes do seletor grupo de pioneiros da aviação. Só após a segunda guerra mundial tiveram seu *Flyer* exposto no Museu Smithsonian. Há evidência de terem usado com proficiência a informação existente sobre aviação ao iniciarem seus vôos planados tripulados.

Ambiente e
Inovação:
lições dos
primórdios
da aviação

Adriano Batista

Mas, há evidência de não terem usado a informação do estado das artes depois disso, apesar de sua situação privilegiada resultante da experiência de editores de um jornal. Fabricaram e venderam um certo número de unidades de seus modelos. Attingiram limitadamente o objetivo de duas faces proposto. Aos Wright é dado o mérito de terem construído vias de acesso privilegiadas à informação que lhes permitiram superar parcialmente as restrições impos-

tas por um ambiente culturalmente pobre. Certamente o diferente ambiente de formação dos inventores/inovadores, Santos-Dumont e os Wright, juntamente com a falta que fez aos últimos o ambiente intelectualmente estimulante do Aéro Club de Paris, de que desfrutava o primeiro, são parciais explicações para tão diferente maestria no uso do conhecimento em seus empreendimentos, como demonstrado por Santos-Dumont.

Ambiente e
inovação:
lições dos
primórdios
da aviação

Adriano Batista

Notas

¹ Marx considerava o ambiente como determinante do desenvolvimento tecnológico. Mostra como a divisão do trabalho trouxe o desenvolvimento de vasta onda de inovações na forma de especialização das ferramentas e como esta trouxe o desenvolvimento do maquinário. No seu pensamento o ambiente induzia o próprio trabalho científico: "The sporadic use of machinery in the 17th century was of greatest importance, because it supplied the great mathematicians of that time with a practical basis and stimulant to the creation of the science of mechanics" (MARX, 1978, p.329). Fellner, com abordagem inteiramente distinta, tomando o processo inovador, de forma própria, a partir da atividade inventiva, conclui que "there is reason to assume that in those countries in which a genuine innovating process has originated, the character of innovating activity adjusted reasonably well to basic resource positions" (FELLNER, 1971, p.208). Mais recentemente Porter lança o termo "competitividade sistêmica", condicionante do desempenho das empresas (e, num sentido largo, empreendimentos, como as inovações) (PORTER, 1993), trazendo uma atual grande expressão de trabalhos tendo a importância do ambiente, no sentido de tudo externo ao empreendimento, segundo abordagens que privilegiam questões nacionais, setoriais e locais, estes como Sicsú e Cavalcanli (2000), e Meyer-Stamer (2001).

² "Contrariando as crenças gerais do seu tempo, Santos-Dumont achou que não devia seguir os conselhos dos 'peritos'; estes, de resto, nada haviam realizado, quanto à dirigibilidade dos aeromóveis, precisamente por pensarem como pensavam" (POLILLO, 1950, p.66).

³ Havia grandes riscos pessoais durante as experimentações. Os cuidados de Santos-Dumont em exaustivamente avaliá-los e reduzi-los são bem descritos por vários autores, assim como a coragem pessoal de enfrentar os que não podiam ser afastados para os que experimentos tivessem vez (Villares, 1953).

⁴ No ano de 1902 em que os Wright desenvolveram seu planador, de que logo pediriam registro de patente, só na área de aviação foram concedidas 11 patentes nos EEUU, conforme se pode conferir no site de Short, <http://invention.psychology.msstate.edu/patents/index.html> (SHORT, 2005). Ao que se saiba, todas foram patentes absolutamente inúteis, a menos do benefício da renda que proporcionaram ao órgão encarregado de julgar os pedidos.

⁵ Do ponto de vista da complexidade do desenvolvimento da aviação, em seus primórdios, Dayton, com todo o seu dinamismo, oferecia, em relação a Paris, um ambiente cultural periférico. Mas o EEUU já apresentavam áreas que, neste aspecto, podiam ser consideradas tão aptas quanto Paris, tais como as principais cidades do litoral oriental norte e as do litoral ocidental sul. Já em St. Louis ocorreram nesta época feiras de aeronáutica equivalentes às maiores européias.

⁶ As câmaras dos balões de Santos-Dumont foram todas construídas por empresas especializadas, segundo especificação do inventor/inovador, que detinha todo o conhecimento sobre o seu projeto.

⁷ Expressiva documentação sobre Santos-Dumont encontra-se exposta no Museu Paulista. Infelizmente ele queimou seus desenhos e plantas ao deixar Paris, após ter encerrado sua sucessão de inovações aeronáuticas.

⁸ Destaca-se o uso de seda japonesa na construção da câmara (VILLARES, 1953) cuja propriedade de baixo peso por unidade de área não era desconhecida dos aeronautas anteriores a Santos-Dumont, mas nenhum quis se arriscar a usar seda japonesa. Não acreditando em sua resistência muitos pediram-lhe para não cometer suicídio. Para outros não havia riscos, pois o balão nas ascenderia.

⁹ O dirigível no 9, por exemplo, protagoniza em 14 de julho de 1903, em meio às comemorações do dia nacional francês, a "primeira revista aérea de tropa de terra-firme do mundo – e o empreendimento constituiu um triunfo popular e jornalístico sem precedentes no capítulo publicitário da aerostação universal" (POLILLO, 1950, p. 142).

¹⁰ Sobre o efeito de seus dirigíveis, mesmo não tão famosos como os de nºs 6 e 9, L'Illustration traz em sua edição de 26 de agosto de 1905: "Por certo, entre todos os valerosos da navegação aérea, o sr. Santos Dumont continua sendo o menino querido do público. Suas saídas tão fantasistas quão audaciosas, nos seus dirigíveis incessantemente aperfeiçoados, provocam, de cada vez, um entusiasmo novo" (POLILLO, 1950, p.147).

¹² Os prêmios amplamente divulgados, do conhecimento da comunidade internacional interessada em aeronáutica, exigiam provas abertas ao público e perante uma comissão técnica. A importância dos prêmios como marcos tecnológicos decorre de serem instituídos segundo valores que provavam a capacidade já alcançada da evolução promover a sua continuidade para o uso produtivo se efetivar. Esta importância tecnológica concedia, então, valor econômico ao produto premiado.

¹³ Decolar por seus próprios meios é fazê-lo sem uso de energia externa ao aparelho, sem catapultas; sem trilhos colocados ladeira abaixo; sem fortes lufadas de vento contrárias ao aparelho. Como pessoas bem informadas, os Wright não poderiam desconhecer esses prêmios e certamente por outros motivos reais não concorreram a eles em 1906. Era claro que não o fazendo contrariaram seu objetivo de ganhar dinheiro e de fazer negócio com a venda do seu aparelho.

¹⁴ A escolha de Santos-Dumont pela não secretidade não se limitava ao comparecimento a provas públicas. Os próprios testes eram realizados em locais públicos. À medida que os testes com o 14-Bis avançavam, por exemplo, aumentava o número de expectadores, chegando a um ponto em que a polícia foi acionada para mantê-los em área segura, evitando acidentes (POLILLO, 1950).

¹⁵ O biplano 14-Bis tinha as asas com estrutura celular, em caixas, apresentando três caixas de cada lado. Uma fotografia de boa qualidade do 14-Bis com os ailerons que foram acrescentados após o voo de 23 de outubro de 2006

Ambiente e inovação: lições dos primórdios da aviação

Adriano Batista

pode ser vista em Gibbs-Smith (1967, p.39). A insistência em creditar aos Wright o desenvolvimento dos ailerons, choca-se, não só com seu primeiro uso por Santos-Dumont na prova pública de 12 de novembro de 1906, como por seu uso por Farman, ao ganhar o prêmio Deutsch - Archdaecon de percurso mínimo de 1 km de extensão, retornando ao ponto inicial, em 1908. Choca-se, também com o fato de aileron ser palavra francesa, internacionalmente adotada por conta do desenvolvimento da aviação, inclusive na língua portuguesa, onde comparece como devidamente, de origem francesa (HOUAISS, 2001). Aileron é derivado de aile, asa em francês (NOVEAU, 1968).

¹⁵ Politto (1950) vê retrocesso ao Santos-Dumont adotar a solução de torcer as pontas das asas para obter o rolamento ao longo do eixo longitudinal, depois de ter usado ailerons. Mas, no Demoiselle, monoplane, com asa de revestimento singelo, não há solução para a instalação de ailerons que evite prejudicar três objetivos importantes privilegiados no projeto: leveza, funcionalidade aerodinâmica e estética.

¹⁷ Clement-Bayard, fabricante de automóveis em Paris, construiu 300 Demoiselles; nos EEUU, a Hamilton Aero Manufacturing vendeu o Demoiselle sem motor por 250 dólares, e uma companhia de Chicago o ofereceu por 1.000 dólares, com motor. A revista Popular Mechanics publicou as plantas técnicas do Demoiselle em suas edições de junho e julho de 1911 e, em pouco tempo "os Demoiselles construídos no país saltavam em todos os lugares" (HOFFMAN, 2004, p.249).

¹⁸ Este motor para aviões que Santos-Dumont de uma só vez projetou e construiu em 1907 tinha cerca da metade do peso/potência do motor com que os Wright equiparam seu Wright A em 1908. Num ambiente com menos alternativas para a motorização, o motor deles, era o resultado de agregação de experiência sobre um mesmo modelo básico de 1903, convencional, de 4 cilindros em linha, já na terceira geração.

¹⁹ Há quem atribua ao atual esquecimento de Santos Dumont, nos países de língua inglesa, como decorrente de sua opção pelo não patenteamento. Tal ideia fica desprovida de fundamento quando se verifica que as provas públicas tinham seus resultados universalmente difundidos pela mídia, com poder de comunicação de ordem de grandeza muito superior às patentes. Não é por falta de patenteamento que Saundby, por exemplo, esquece a relação de Santos-Dumont com os mais-pesados-que-o-ar, mas detalha o trabalho dos de fala inglesa, como Hiram Maxim, com seu avião com motor a vapor, que diz tinha condições de decolar e Samuel Langley, de cujo avião diz ter decolado, em experimento de 1901 (SAUNDBY, 1971, p. 17), sem mencionar que foi atirado ao ar por catapulta e teve seu sistema de controle danificado em choque com o próprio sistema de lançamento, não tendo tido, portanto, oportunidade de voar sob controle em nenhum momento. São contribuições de menor ordem de grandeza quando comparado à omitida. Saundby refere-se a Santos -Dumont no que toca aos dirigíveis, creditando-o devidamente, embora eles também não tivessem sido patenteados.

²⁰ Santos-Dumont tinha a completa consciência da importância da construção coletiva: "Creio, deveria ser chamada "época heróica da aeronáutica" a que compreende os fins do século passado e os primeiros anos do atual. Nela brilham

os mais audaciosos arrojos dos inventores, que quase se esqueciam da vida, por muito se lembrarem de seu sonho."... "Essa coragem, porém, que os consagra como heróis, creio, não é maior que a dos inventores, primeiros pássaros humanos, que, após heróica pertinácia em estudos de laboratório, se arrojam a experimentar máquinas frágeis, primitivas, perigosas. Foram centenas as vítimas dessa audácia nobre, que lutaram com mil dificuldades,"... "e que não conseguiram ver o triunfo dos seus sonhos, mas para cuja realização colaboraram com o seu sacrifício, com a sua vida. Não fosse a audácia, digna de todas as nossas homenagens, dos Capitães Ferber, Lilienthal, Pilcher, Barão de Bradsky, Augusto Severo, Sachet, Charles, Morin, Delagrangue, irmãos Nieuport, Chavez e tantos outros - verdadeiros mártires da ciência - e hoje não assistiríamos, talvez, a esse progresso maravilhoso da aeronáutica, conseguido, todo inteiro, à custa dessas vidas, de cujo sacrifício ficava sempre uma lição." (SANTOS-DUMONT, 1918, p. 8).

²¹ Havia apenas uma estação meteorológica; uma estação de barcos salva-vidas; e, por causa delas, a estação telegráfica: "*This is perfect*," Wilbur said. "*And best of all, there are scarcely any people here.*" (REYNOLDS, 1950, p. 136).

²² *Ailerons* são lemes de posicionamento e rotação transversal. São colocados nas extremidades posteriores das asas e trabalham articuladamente entre si para inclinar a aeronave para um lado ou outro. Seriam de fácil instalação em artefato biplano como o dos Wright.

²³ A reconstrução do passado, para dar-lhe validade, no caso Flyer, teve o apoio da mais alta tecnologia, que termina, de certa forma, retirando o apoio que lhe pode ser concedido: "Using the wind tunnel test data, a second Wright Flyer will be built by the AIAA volunteers and flown on Dec. 17, 2003." (NASA, 1999). Mesmo assim, a réplica favoravelmente construída ainda fica dependente de haver vento favorável mínimo de 16 km/h, conforme os que a testaram para o fracassado vôo do centenário: "Between rainstorms, Hyde's team continued to check the wind speed, hoping to pounce on the opportunity when readings exceeded the minimum 10 mph needed for a successful flight." (UP, 2003).

²⁴ Com o leme de profundidade em posição dianteira, a tendência a aumentar qualquer desvio em relação à situação de estabilidade, se dá segundo uma velocidade de aumento do desvio proporcional, em cada momento, ao montante do desvio e inversamente proporcional à distância entre o leme e o centro de sustentação do aparelho.

²⁵ Aparentando desconhecimento da causa deste problema, os Wright referem-se à trajetória excessivamente errática desenvolvida nos vôos como atribuível apenas a dois fatores externos ao seu aparelho: "The course of the flight up and down was exceedingly erratic, partly due to the irregularity of the air and partly to lack of experience in handling this machine" (KELLY, 1969, p. 58). O domínio do vôo planado não fora suficientemente aproveitado para o desenho de um aparelho capaz de manter o vôo com instabilidade ao menos tolerável.

²⁶ Aparentemente, mesmo depois do duplo fracasso de Langley, por acidentes havidos, na tentativa de fazer voar um artefato anfíbio em 1903, com motor de 51 hp, o primeiro motor de conformação radial, modelo que firmou-se como hegemônico na aviação para motores a explosão (TAYLOR,

Ambiente e inovação: lições dos primórdios da aviação

Adriano Batista

1973), o revolucionário motor continuou não disponível para os Wright.

²⁷ O registro de influência dos Wright na aviação, durante a primeira década do século passado, é tratado em Gibbs-Smith (1963), que dedica um capítulo ao assunto. Explica bem a pertinente influência em termos de experiências com planadores inspirados no planador dos Wright de 1902. Mas, inclui, sem aprofundada explicação, os demais marcos europeus na aviação como se decorressem de influência dos Wright, através da conferência de Chanute em abril de 1903, antes mesmo de desenvolverem o planador motorizado Flyer. Menciona o 14-Bis, qualificando-o como "famous but sterile". Com inexplicável preferência pela partícula "bi", destaca o Farman III (que sugere, não teria ailerons, não fosse a idéia dos Wright de torcer as pontas das asas), qualificando-o cuidadosamente como

o biplano mais popular da Europa no fim da primeira década do século XX. Deixa esquecido o mais popular dos aeroplanos da época, o Demoiselle, monoplane.

²⁸ O esforço em países de língua inglesa para projetar os Wright como tendo exercido uma função central no desenvolvimento da aviação, inclui afirmações como a de Darrel Collins, historiador do US Park Service: "Before the Wright Brothers, no one in aviation did anything fundamentally right. the Wright Brothers, no one has done anything fundamentally different." (COLLINS, 2003). Esta frase de impacto, afinada com as colocações oficiais norte-americanas atuais sobre os Wright, está apresentada no site <http://www.first-to-fly.com/History/Wright%20Story/wright%20story.htm>, da Wright Brother Aeroplane Company and Museum of Pioneer Aviation, fórum norte-americano para historiadores e entusiastas do começo da aviação.

Ambiente e
 inovação:
 lições dos
 primórdios
 da aviação

Adriano Batista

Referências Bibliográficas

- A *SPECIAL collection of historical materials at the Dayton & Montgomery County Public Library*. In: *Dayton and Montgomery County Public Library*. Disponível em: <<http://www.dayton.lib.oh.us/archives/newcom2.htm>>. Acesso em 11.05.2005.
- BRADSHAW, Gary. "To Fly is Everything...". Disponível em <http://invention.psychology.msstate.edu/i/Wrights/WrightUSPatent/WrightPatent.html> Acesso em 09.11.2003.
- CENTURY-of-flight*. In: *ESPA European Sport Pilot Association*. Disponível em: <<http://www.airracinghistory.freeola.com/century-of-flight/Aviation%20history/up%20to%20WW%201/Santos%20Dumont.htm>>. Acesso em 23.10.2003.
- CHAPMAN, W. R.; HANSON, J. K. *Wright Brothers National Memorial: Historical Resource Study*. Atlanta: US Department of the Interior, 1997.
- COLLINS, Darrel. *The Wright Story*. In: *Wright Brothers Aeroplane Company and Museum of Pioneer Aviation*. Disponível em <<http://www.firsttofly.com/History/Wright%20Story/wright%20story.htm>>. Acesso em 29.08.2003.
- COSTA, Fernando Hippolyto da. *Alberto Santos-Dumont: O Pai da Aviação*. Rio de Janeiro: Ministério da Aeronáutica, sem data.
- CUNHA, Rudnei Dias da. *História da Força Aérea Brasileira*. Disponível em <http://www.rudnei.cunha.nom.br/FAB/eng_santos-dumont.html>. Acesso em 06.12.2003.
- DAYTON in the 1890s*. In: *National Air and Space Museum – NASM*. Disponível em <http://www.nasm.si.edu/wrightbrothers/who/1884/dayton.cfm>. Acesso em 24.11.2003.
- DISCOVER Dayton*. In: *Miami Valley's Official Guide 2004-2005*. Disponível em: <<http://www.discoverdayton.net/cradle.htm>>. Acesso em 17.05.2005.
- FELLNER, W. *Two Propositions in the Theory of Induced Innovations*. In: ROSENBERG, Nathan. *The economics of Technological Change*. Baltimore: Penguin Books Ltd., 1971.
- GATES, Bill. *Aviators – The Wright Brothers. Times 100 Poll*. Disponível em <<http://www.time.com/time/time100/scientist/profile/wright.html>>. Acesso em 17. 11.2003.
- GIBBS-SMITH, Charles Harvard. *The Wright Brothers: A brief account of their work 1899-1911*. London: Her Majesty's Stationery Office, 1963.
- GIBBS-SMITH, Charles Harvard (1967). *A Brief History of Flying: from Myth to Space Travel*. London: Her Majesty's Stationery Office, 1967.
- HARGRAVE Timeline*. In: *Hargrave Aviation and Aeromodelling - Interdependent Evolutions and Histories*. Disponível em: <<http://www.ctie.monash.edu/hargrave/timeline4.html>>. Acesso em 13.05.2005.
- HOBBS, Leonard S. *The Wright Brother's Engines and Their Design*. Washington: Smithsonian Institution Press, 1971.
- HOFFMAN, Paul. *Asas da Loucura: a extraordinária vida de Santos-Dumont*. Tradução de Marisa Motta. Rio: Objetiva, 2004.
- HOUAISS, Antônio; VILLAR, Mauro de Salles. *Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa*. Rio de Janeiro: Editora Objetiva Ltda, 2001.
- INDEX of Wright Brothers Aerodynamics Slides*. In: *NASA National Air and Space Agency*. Assesado em www.grc.nasa.gov/WWW/Wright/airplane/shortw.html. 05/09/2003.
- KELLY, Fred. C. *The Wright Brother's: a biography authorised by Orville Wright*. New York: Ballantine Books, 1969.
- MARX, Karl. *Capital: A critique of political economy. Volume I*. Moscou: Progress Publishers, 1978.
- MEYER-STAMER, Jörg. *Estratégias de Desenvolvimento Local e Regional: Clusters, Política de Localização e Competitividade Sistêmica*. São Paulo: ILDES, 2001 (Policy Paper, 28).
- MUNSON, Kenneth. *Pioneer aircraft 1903-1914*. New York: The MacMillan Company, 1969.
- MUYLAERT, Roberto. *Santos-Dumont: uma visão americana*. Ícaro Brasil <<http://www.icarobrasil.com.br/dumont/5.htm>>. Acesso em 05.10.2004.
- NASA – National Air and Space Agency. NASA Begins Testing Replica Of Historic 1903 Wright Flyer*. Disponível em <<http://www.nasa.gov>>. Acesso em 30.12.1999.

NOVEAU *Petit Larousse*. Paris: Librairie Larousse, 1968.

PILOTS and Chauffers 1880 to 1898. In: *Wright Brother Aeroplane Company and Museum of Pioneer Aviation*. Disponível em: <[http://www.first-to-fly.com/History/History %20of%20 Airplane/ pilots.htm](http://www.first-to-fly.com/History/History%20of%20Airplane/pilots.htm)>. Acessado em 04.09.2003.

POLILLO, Raul de. *Santos Dumont Gênio*. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1950.

PORTER, M. E. *A Vantagem Competitiva das Nações*. Rio de Janeiro: Campus, 1993.

REYNOLDS, Quentin James. *The Wright Brothers: Pioneers of American Aviation*. New Work: Random House, 1950.

SANTOS-DUMONT, Alberto. *O que eu vi. O que nós veremos*. São Paulo, 1918.

SAUNDBY, Robert. *Early Aviation: Man's Conquers the Air*. London: Macdonald, 1971.

SCHUMPETER, J. A. *A Teoria do Desenvolvimento Econômico*. São Paulo: Abril Cultural, 1982.

SHORT, Simine. *Simine's U.S. Aviation Patent Database*. Disponível em: <http://invention.psychology.msstate.edu/patents/index.html>. Acesso em 05.05.2005.

SICSÚ, A. B. e CAVALCANTI, J. A. L. *Micros e Pequenas Empresas no Nordeste: Necessidade de Apoio Sistêmico*. In: *RECITEC*, v.4, n.2, p.320-336, 2000. Disponível em: <www.fundaj.gov.br/rtec/not/not-048.html>. Acesso em 23.05.2005.

TAYLOR, W. R. *Aircraft: from balloons to jumbo jets*. Toronto: Bantam Books, 1973.

THE DAVIS Sewing Machine Company. Disponível em <<http://fredsbi.fredsbi.com/manufacturers/dayton.htm>>. Acesso em 11.05.2005.

THE WRIGHT Brothers – *The invention of the Aerial Age (Exposition)*. In: *National Air and Space Museum – NASM*. Disponível em: <<http://www.nasm.si.edu/wrightbrothers/who/1889/printers.cfm>>. Acesso em 24.11.2003a.

THE WRIGHT Story. In: *Wright Brother Aeroplane Company and Museum of Pioneer Aviation*. Disponível em <<http://www.first-to-fly.com/History/Wright%20Story/wright%20story.htm>>. Acesso em: 01.09.2003b.

TREATY of Greenville (1795). Disponível em: <<http://odur.let.ruig.nl/~usa/D/1776-1800/indians/green.htm>>. Acesso em 11.05.2005.

UP, up and away. *The Herald Journal*. Disponível em <<http://hjnews.townnews.com>>. Acesso em 27.04.2003.

U.S. AIR Force Museum Virtual Tour Original Building. Disponível em: <http://afmuseum.com/tour/vip_main>. Acesso em 20.12.2003.

VILLARES, Henrique Dumont. *Quem deu Asas ao Homem: Alberto Santos-Dumont – Sua vida e sua glória*. São Paulo, 1953.

VILLARES, Henrique Dumont. *Santos Dumont: O pai da Aviação*. São Paulo, 1956.

WEBER, Max. *A ética protestante e o espírito do capitalismo*. São Paulo: Pioneira, 1981.

Ambiente e
 inovação:
 lições dos
 primórdios
 da aviação

Adriano Batista

