



ESCOLA DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS DA AERONÁUTICA
DIVISÃO DE ENSINO
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS 3º/2024

LUIZ GUSTAVO **MUNIZ** DO NASCIMENTO, Cap Eng

**Uso da Otimização Multidisciplinar de Projetos e da Engenharia de Custos em Projetos
de Acesso ao Espaço do DCTA**

Rio de Janeiro

2024

ESCOLA DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS DA AERONÁUTICA
DIVISÃO DE ENSINO
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS 3º/2024

LUIZ GUSTAVO MUNIZ DO NASCIMENTO, Cap Eng

**Uso da Otimização Multidisciplinar de Projetos e da Engenharia de Custos em Projetos
de Acesso ao Espaço do DCTA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais da Aeronáutica como requisito parcial para aprovação no Curso de Pós-Graduação *Lato Sensu* em Liderança com Ênfase em Gestão no COMAER.

Linha de Pesquisa: Ciência, Tecnologia e Inovação.

Orientador: Allison Nunes Fernandes, Maj Eng

Rio de Janeiro

2024

LUIZ GUSTAVO MUNIZ DO NASCIMENTO, Cap Eng

**Uso da Otimização Multidisciplinar de Projetos e da Engenharia de Custos em Projetos
de Acesso ao Espaço do DCTA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais da Escola
de Aperfeiçoamento de Oficiais da Aeronáutica.

Aprovado por:

Presidente, Thiago Diorgilis Ribeiro Daniel, Ten Cel Av - EAOAR

Allison Nunes Fernandes, Maj Eng - EAOAR

Rio de Janeiro

2024

RESUMO

Após 45 anos da primeira proposição de um veículo lançador de satélites nacional, o Brasil ainda não alcançou a meta de acesso autônomo ao espaço. Embora os projetos VLS-1 (Veículo Lançador de Satélites) e VLM-1 (Veículo Lançador de Microssatélites) tenham alcançado resultados relevantes, a restrição de orçamento, o aumento de custos e as incertezas no fornecimento de insumos são algumas das causas do insucesso obtido. Com o advento, nas últimas décadas, de ferramentas de apoio ao projeto tais como a Otimização Multidisciplinar de Projetos (OMP) e a Engenharia de Custos (EC), notaram-se melhorias, no cenário internacional, nos resultados obtidos ao se aplicar estas ferramentas em projetos espaciais. Assim, este trabalho defende o uso da OMP e da EC nas fases preliminares dos projetos de veículos lançadores para elevar a viabilidade destes projetos no Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (DCTA). Primeiramente, discute-se que o uso destas ferramentas promove o atendimento das expectativas das partes interessadas. Adicionalmente, argumenta-se que o uso das ferramentas ajuda a garantir a aderência do projeto ao orçamento previsto. Como resultado, destaca-se que o aumento da viabilidade destes projetos gerará impactos duradouros pela realização do sonho de acesso autônomo ao espaço. Estes impactos poderão ser estendidos com o uso dessas ferramentas em projetos futuros de lançadores tanto do DCTA quanto de *startups* brasileiras conveniadas à agências de financiamentos de pesquisa, favorecendo o esforço da Força Aérea Brasileira e da Agência Espacial Brasileira de reforçar o poder aeroespacial e a indústria nacional.

Palavras-chave: programa espacial; veículos lançadores; engenharia de custos; otimização multidisciplinar.

1 INTRODUÇÃO

A atividade espacial no Brasil teve início a partir do final dos anos de 1950 com a instalação da primeira estação de rastreamento do foguete *Vanguard* americano e, na década seguinte, com a operação de foguetes estrangeiros e a produção de veículos de sondagem nacionais (INPE, 1991). A partir do fim dos anos de 1970, o Estado propôs a Missão Espacial Completa Brasileira (MECB), um programa que buscou a autonomia brasileira no setor espacial em três frentes de trabalho: a produção de um satélite, a criação da infraestrutura de lançamento que comportasse um veículo lançador e o desenvolvimento de um veículo lançador nacional. Em todo este período, coube à Força Aérea Brasileira (FAB) a função de criar e operar o centro de lançamento e de ser ator no desenvolvimento de um veículo lançador (Brasil, 1996).

Da tríade proposta pela MECB para autonomia espacial, o único objetivo não concluído atualmente é o desenvolvimento de um veículo lançador nacional capaz de colocar um satélite em órbita. Esta missão é de responsabilidade do Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (DCTA) e de sua organização subordinada, o Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE). Visando atender esta missão, o Veículo Lançador de Satélites (VLS-1) foi iniciado a partir dos anos de 1980 e, infelizmente, foi cancelado em função de um acidente que culminou com a perda de vinte e um especialistas (do Nascimento *et al.*, 2004) e da obsolescência de componentes. O projeto substituto, o Veículo Lançador de Microsatélites (VLM-1), iniciou-se em 2012 (Brasil, 2012) e encontra-se na fase de qualificação de subsistemas.

Em ambos os projetos podem ser encontradas duas características típicas em projetos de acesso ao espaço: a alta complexidade inerente à cada subsistema e a elevada sinergia entre os subsistemas. Além disso, esta atividade é ainda mais desafiadora no Brasil em função dos agravantes observados nestes projetos, tais como os atrasos de cronograma (Brasil, 2012), a restrição de orçamento (Brasil, 2023), o aumento de custos e as incertezas no fornecimento de peças e insumos (Palmerio, 2017).

Considerando, nos últimos anos, o advento de novas tecnologias para apoio ao projeto, o uso de ferramentas computacionais podem auxiliar a solucionar os desafios enfrentados. Apesar de tais ferramentas serem utilizadas nas fases avançadas de ambos os projetos do DCTA, há pouca utilização de ferramentas multidisciplinares e de engenharia de custos nas fases conceituais e preliminares. São nestas fases em que há o reconhecimento do problema a ser resolvido e há a proposição de soluções preliminares com a avaliação de alternativas.

Assim, este ensaio defende o uso de ferramentas de Otimização Multidisciplinar de Projetos e de Engenharia de Custos nas fases preliminares dos projetos de pesquisa e desenvolvimento de veículos lançadores para elevar a viabilidade destes projetos no DCTA.

A tese se fundamenta no argumento de que estas ferramentas promovem o atendimento das expectativas das partes interessadas em função da escolha das melhores soluções de projeto com desempenho adequado às necessidades.

Além disso, o uso destas ferramentas nas fases preliminares ajuda a garantir a aderência do projeto ao orçamento previsto mesmo em cenários de restrição orçamentária.

2 DESENVOLVIMENTO

Desde a entrada em órbita do primeiro satélite artificial Sputnik em 1957 (Brasil, 2005), nosso país motivou-se com a busca de um vetor de acesso ao espaço. O primeiro projeto mobilizador nesta área foi o VLS-1. Apesar do seu cancelamento, a busca por soluções na compra de insumos, na fabricação de componentes e na integração de subsistemas mobilizou o DCTA, as universidades e a indústria nacional (Palmerio, 2017). Da mesma forma, o fenômeno de mobilização é observado no projeto VLM-1.

As semelhanças nos dois projetos também podem ser encontradas nos desafios enfrentados: aumentos de custos, incertezas em fornecimentos e atrasos. Estes desafios podem ser solucionados com o uso de novas tecnologias de apoio ao projeto.

Com o desenvolvimento da Otimização Multidisciplinar de Projetos (OMP) a partir dos anos de 1980 (Sobieszczanski-Sobieski, 1989) e da Engenharia de Custos (EC) a partir dos anos de 1970 (Koelle, 2000), observa-se que muitos projetos complexos de setores industriais nas áreas automotiva, naval e de eletrônica obtiveram sucesso com a implementação destas ferramentas (AIAA, 1998). Além disso, os melhores resultados com o uso destas ferramentas foram encontrados no setor aeroespacial (Giesing; Barthelemy, 1998). Assim, observa-se uma oportunidade de uso destas ferramentas em projetos de acesso ao espaço no Brasil e, particularmente, no DCTA.

2.1 ATENDIMENTO DAS EXPECTATIVAS PELA ESCOLHA DAS MELHORES SOLUÇÕES DE PROJETO

Uma das estratégias comumente utilizadas no desenvolvimento de veículos de sondagem e lançadores no DCTA é a abordagem clássica sequencial, na qual parte-se da

definição do problema e das necessidades das partes interessadas e migra-se, de forma sucessiva, para a proposição conceitual das soluções, para a escolha da melhor solução, para o detalhamento da solução proposta e, por fim, para as verificações e validações de requisitos com o objetivo de finalizar o projeto (Pahl *et al.*, 1988). Nesta migração sucessiva entre as fases de um projeto, há baixa probabilidade de retorno às etapas anteriores para reavaliações interdisciplinares (Sobieszczanski-Sobieski, 1989).

Apesar da fácil implementação, uma das principais desvantagens da abordagem clássica sequencial é que, de acordo com Casner *et al.* (2012), esta estratégia foi criada especialmente para solucionar problemas monodisciplinares. Uma consequência direta disto é citada por Sobieszczanski-Sobieski (1989), que afirma que este método leva à obtenção de soluções subótimas quando aplicado a sistemas aeroespaciais.

Um dos fatores-chave que justificam a ocorrência de projetos subótimos na abordagem clássica, a qual é utilizada usualmente nos projetos veículos lançadores do DCTA, é que um conjunto de parâmetros de projeto pode não sofrer alterações durante a avaliação de uma das disciplinas do problema (Riccardi, 2012), reduzindo o número de avaliações.

Considerando que a OMP é uma área da engenharia de sistemas responsável pela resolução de problemas de engenharia complexos que envolvem múltiplas disciplinas (Riccardi, 2012) e que é uma metodologia que busca explorar de forma coerente a sinergia da interação entre as disciplinas (Giesing; Barthelemy, 1998), nota-se que a sua adoção garante a interação entre as disciplinas e respeita as alterações das variáveis de projeto durante a avaliação das disciplinas. Assim, a OMP e a EC podem explorar todo o espaço de busca e avaliar todas as possibilidades, incluindo quaisquer alterações nos parâmetros de projeto.

Um segundo ponto de igual importância, conforme apresentado em Blair *et al.* (2001), é que cerca de 80 % a 90 % dos problemas de projeto são causados por uma falha no fluxo de comunicação durante as etapas de um projeto, e não pela falta de conhecimento das disciplinas envolvidas. Considerando que ambas as ferramentas necessitam da implementação de métodos computacionais que automatizam o fluxo de informação entre as disciplinas e entre as etapas de um projeto, depreende-se que a OMP e a EC minimizam os problemas de projeto pois evitam as falhas no fluxo de comunicação.

Por fim, vale citar o ganho ao se utilizar estas ferramentas nas etapas preliminares de projetos aeroespaciais. É importante ressaltar que é justamente nas fases iniciais de um projeto em que há maior liberdade para a escolha de possíveis soluções. Isto ocorre pois é nesta fase em que não há uma predileção da equipe de projetistas para escolher uma solução

específica dentre as inúmeras possibilidades. Assim, esta liberdade na busca por candidatos à solução pode ser facilmente explorada pela OMP (do Nascimento *et al.*, 2022).

Portanto, a implementação da OMP e da EC permitirão atender as necessidades por meio da escolha das melhores soluções de projeto, pois respeitam a alteração dos parâmetros de projeto, garantem o fluxo de comunicação entre as disciplinas e permitem a maior liberdade de escolhas nas fases conceituais do projeto.

2.2 ADERÊNCIA AO ORÇAMENTO PREVISTO

Primeiramente, considerando a liberdade de escolhas presente na fase conceitual, é importante frisar que a maior parte do custo nos projetos espaciais é definido nesta fase (AIAA, 1991). Mais precisamente, conforme citado por Blair *et al.* (2001), mais de 80 % dos custos do ciclo de vida de um projeto espacial são determinados nas fases conceituais e preliminares. Portanto, o uso da OMP e da EC nas fases preliminares já garantem grande influência no custo total de um projeto e, conseqüentemente, nas despesas previstas no orçamento.

Em segundo lugar, apesar da fundamentação teórica para a concepção de veículos lançadores já ter sido desenvolvida na década de 1950 com os trabalhos de Konstantin Tsiolkovski, Wernher von Braun e Robert Goddard, a viabilidade técnica era uma barreira a ser vencida em virtude do ineditismo desta empreitada. Nesta era de pioneirismo, os principais motivadores nestes projetos eram a busca pelo máximo desempenho dos veículos lançadores, o prestígio nacional (Koelle, 2005) e a busca por mínimo peso (Koelle, 2000).

Porém, à medida que a atividade espacial passou a ser percebida como um setor da economia a ser explorado, a viabilidade econômica passou a ser o principal objetivo a ser alcançado. Esta alteração caracteriza a grande mudança de paradigma que ocorreu no setor espacial a partir do fim do século XX.

De acordo com Koelle (2000), durante a transição da viabilidade técnica para a viabilidade econômica, o fator custo passou por três formas distintas de avaliação no projeto de veículos. Na primeira fase, não havia grandes preocupações com o custo em virtude da busca pelo prestígio nacional. Já na segunda fase, a regra era projetar para um dado valor de custo, isto é, manter a solução proposta dentro de um orçamento. Por fim, na terceira fase, que caracteriza a Engenharia de Custos (EC), o objetivo é o mínimo custo. Isto significa que este fator precisa ser utilizado como um critério para cada decisão técnica. Neste cenário, deve-se,

por exemplo, optar por usar uma tecnologia menos avançada para reduzir custos de desenvolvimento e de fabricação.

Assim, o uso da EC requer não só uma expertise técnica em projetos, mas também julgamento e conhecimento dos fatores que influenciam o custo. Isto é mais complexo do que estimar custo (Koelle, 2000), requerendo o uso de ferramentas específicas aplicadas ao setor espacial tais como modelos paramétricos, relação de estimativa de custos e análise histórica, quando disponível (Trivailo; Sippel; Şekercioglu, 2012).

É importante também iniciar a análise de custo nas fases iniciais do projeto pois o método usual *bottom-up* de estimativa de custo adotado na fase detalhada consome tempo e é oneroso pois, caso o preço final para implementar a solução seja maior do que o orçamento previsto, haverá a necessidade de abandonar esta solução e reiniciar a fase preliminar do projeto com nova proposta mais adequada ao orçamento (Koelle, 2000).

Considerando que o desenvolvimento dos projetos de acesso ao espaço no DCTA adotou, de forma geral, a segunda fase na avaliação do fator custo, isto é, projeta-se para um dado valor do orçamento, nota-se que os conceitos de EC não foram adotados em sua totalidade.

Portanto, a utilização da OMP e da EC nas fases iniciais dos projetos de veículos lançadores do DCTA permitirão aderência ao orçamento previsto, pois estas ferramentas geram até 80 % de impacto nos custos de um projeto, além de mudar o foco para o mínimo custo como principal critério de projeto para reduzir as despesas.

3 CONCLUSÃO

O projeto de foguetes lançadores é uma atividade de alta complexidade e que requer a sinergia entre os subsistemas envolvidos. Estes desafios podem ser suplantados com o uso de ferramentas de projeto desenvolvidas nas últimas décadas. Internacionalmente, há exemplos do uso das ferramentas de OMP e EC em projetos aeroespaciais com ótimos resultados obtidos. No Brasil, observa-se uma oportunidade para o uso destas ferramentas especialmente nas fases preliminares de projetos. Assim, este trabalho defendeu a utilização das ferramentas de OMP e EC nas fases preliminares dos projetos como estratégia para elevar a viabilidade dos projetos de pesquisa de acesso ao espaço do DCTA.

Primeiramente, notou-se que o projeto de sistemas complexos e multidisciplinares requer ferramentas específicas e adequadas a esta realidade. Assim, a partir da revisão bibliográfica, discutiu-se que a implementação da OMP e da EC permite aproveitar a sinergia

entre as disciplinas evitando a interrupção do fluxo de informação entre elas, respeita as alterações das variáveis de projeto e explora o espaço de possíveis soluções com maior liberdade quando tais ferramentas são aplicadas nas fases conceituais dos projetos de acesso ao espaço. Assim, ambas as ferramentas permitem obter soluções otimizadas e que atendem da melhor forma as expectativas das partes interessadas.

Por outro lado, o fator custo apresenta fundamental importância nos projetos de lançadores. Discutiu-se a importância do uso da OMP e da EC nas fases conceituais pois geram maior impacto no custo total do projeto. Além disso, debateu-se a mudança de paradigma nos projetos de foguetes lançadores onde, atualmente, o enfoque é o uso da EC, que adota o mínimo custo como principal motivador das decisões de projeto. Portanto, ambas as ferramentas possibilitam redução de custo e aderência ao orçamento para os projetos de acesso ao espaço.

Portanto, o aumento nos níveis de viabilidade destes projetos gerará impactos duradouros no Programa Espacial Brasileiro, realizando o sonho de muitos brasileiros e proposto pela MECB de ter um foguete nacional lançando um satélite nacional a partir de um centro de lançamento em solo pátrio. Estes impactos poderão ser estendidos com o uso de tais ferramentas em projetos de acesso ao espaço conveniados à *startups* brasileiras e à agências de financiamentos de pesquisa, favorecendo o esforço da Força Aérea Brasileira e da Agência Espacial Brasileira de reforçar a indústria nacional e a Base Industrial de Defesa.

REFERÊNCIAS

AMERICAN INSTITUTE OF AERONAUTICS AND ASTRONAUTICS (Estados Unidos da América). **Industrial Experience with Multidisciplinary Design Optimization (MDO)**, General Publication Series, 1998.

AMERICAN INSTITUTE OF AERONAUTICS AND ASTRONAUTICS (Estados Unidos da América). **White Paper on Current State of the Art**. Washington, D.C.: American Institute of Aeronautics and Astronautics, the Aerospace Center, 1991.

BLAIR, J. C.; RYAN, R. S.; SCHUTZENHOFER, L. A.; HUMPHRIES, W. R. **Launch Vehicle Design Process: Characterization, Technical Integration, and Lessons Learned**. Alabama: National Aeronautics and Space Administration, Marshall Space Flight Center, 2001. Disponível em: <https://ntrs.nasa.gov/api/citations/20010066713/downloads/20010066713.pdf>. Acesso em: 08 out. 2024.

BRASIL. Presidência da República. Agência Espacial Brasileira. **Programa Nacional de Atividades Espaciais: 1996-2005**. Brasília, DF: Presidência da República, 1996. Disponível em: <https://www.gov.br/aeb/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/institucional/PNAE1996.2005.pdf>. Acesso em: 24 set. 2024.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. Agência Espacial Brasileira. **Programa Nacional de Atividades Espaciais: 2005-2014**. Brasília, DF: Ministério da Ciência e Tecnologia, 2005. Disponível em: <https://www.gov.br/aeb/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/institucional/PNAE2005.2014.pdf>. Acesso em: 30 set. 2024.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Agência Espacial Brasileira. **Programa Nacional de Atividades Espaciais: 2012-2021**. Brasília, DF: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 2012. Disponível em: <https://www.gov.br/aeb/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/institucional/PNAEPortugues.pdf>. Acesso em: 25 set. 2024.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Agência Espacial Brasileira. **Programa Nacional de Atividades Espaciais: 2022-2031**. Brasília, DF: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 2023. 2. ed. Disponível em: <https://observatorio.aeb.gov.br/publicacoes-e-noticias/publicacoes/programa-nacional-de-atividades-espaciais-pnae#pnae-geral>. Acesso em: 30 set. 2024.

CASNER, D.; JEAN, R.; HOUSSIN, R.; KNITTEL, D. A novel design approach for mechatronic systems based on multidisciplinary design optimization. **International Conference on Automation and Mechatronics**, Oslo, Noruega. 2012. Disponível em: <https://hal.science/hal-00842097/document>. Acesso em: 03 out. 2024.

DO NASCIMENTO, L. G. M.; ARAÚJO, L. M.; FERNANDES, S. S.; SHIMOTE, W. K.; RAPOZO, R. R. Hybrid optimization algorithm for preliminary design of multistage launch vehicles. **Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering**, [s. l.], v. 44, n. 103, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s40430-022-03384-3>. Acesso em: 08 out. 2024.

DO NASCIMENTO, M. A. C.; BERQUÓ, J. E.; MARTINOLLI, J. B.; COELHO, E. C.; CORRÊA, C. S. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. **Relatório da Investigação do Acidente ocorrido com o VLS-1 V03, em 22 de Agosto de 2003, em Alcântara, Maranhão**. São José dos Campos: Ministério da Defesa, 2004. Disponível em: https://www.aereo.jor.br/downloads/VLS-1_V03_Relatorio_Final.pdf. Acesso em: 26 set. 2024.

GIESING, J. P.; BARTHELEMY, J. M. A Summary of Industry MDO Applications and Needs. **Proceedings 7th AIAA/USAF/NASA/ISSMO Symposium on Multidisciplinary Analysis and Optimization**. Reston, VA: American Institute of Aeronautics and Astronautics, 1998. Disponível em: <https://doi.org/10.2514/6.1998-4737>. Acesso em: 23 set. 2024.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (Brasil). **Caminhos para o Espaço**. São José dos Campos: Contexto, 1991. E-book. Disponível em: <http://mtc-m16.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/marciana/2004/10.19.12.41/doc/CAMINHOS%20PARA%20O%20ESPAÇO%20-%2030%20ANOS%20DO%20INPE.pdf>. Acesso em: 30 set. 2024.

KOELLE, D. E. Cost efficiency as design and selection criterion for future launch vehicles. **Acta Astronautica**, [s. l.], v. 57, n. 2, p. 623-629, 2005. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0094576505000561>. Acesso em: 02 out. 2024.

KOELLE, D. E. **Handbook of Cost Engineering for Space Transportation Systems with Transcost 7.0: Statistical-Analytical Model for Cost Estimation and Economical Optimization of Launch Vehicles.** Ottobrunn, Bayern: TransCostSystems, 2000.

PAHL, G.; BEITZ, W.; FELDHUSEN, J.; GROTE, K. **Engineering Design: A Systematic Approach.** Londres: Springer-Verlag London, 1988.

PALMERIO, A. F. **Introdução à Tecnologia de Foguetes.** 2. ed. São José dos Campos: SindCT, 2017. E-book. Disponível em: https://site-sindct.storage.googleapis.com/uploads/2022/06/13092930/TECNOLOGIA_DE_FOGUETES.pdf. Acesso em: 24 set. 2024.

RICCARDI, A. **Multidisciplinary design optimization for space applications.** Tese (Doutorado em Engenharia) – Centro de Matemática Industrial, Universidade de Bremen, Bremen, 2012. Disponível em: <https://media.suub.uni-bremen.de/bitstream/elib/382/1/00102790-1.pdf>. Acesso em: 05 out. 2024.

SOBIESZCZANSKI-SOBIESKI, J. Multidisciplinary Optimization for Engineering Systems: Achievements and Potential. In: Bergmann, H. W. (eds) **Optimization: Methods and Applications, Possibilities and Limitations. Lecture Notes in Engineering**, Berlim, v. 47, p. 42-62, 1989. ISBN 978-3-642-83814-9. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-642-83814-9_3. Acesso em: 01 out. 2024.

TRIVAILO, O.; SIPPEL, M.; ŞEKERCIOĞLU, Y. A. Review of hardware cost estimation methods, models and tools applied to early phases of space mission planning. **Progress in Aerospace Sciences**, [s. l.], v. 53, p. 1-17, 2012. ISSN 0376-0421. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0376042112000140>. Acesso em: 03 out. 2024.