

METAHEURÍSTICAS ADAPTATIVAS ALNS E ILS: REVISÃO DE LITERATURA E APLICAÇÕES RECENTES

Tailini Schultz, Marcelo de Souza

INTRODUÇÃO

As metaheurísticas *Adaptive Large Neighborhood Search* (ALNS) e *Iterated Local Search* (ILS) destacam-se pela sua simplicidade, eficácia em problemas de otimização combinatória e pelo uso de mecanismos adaptativos que visam melhorar seu desempenho. O ALNS (ROPKE; PISINGER, 2006) possibilita o uso de diversos operadores de destruição e reconstrução que são selecionados dinamicamente. Já o ILS (LOURENÇO et al., 2003) divide-se entre busca local e perturbações. A crescente aplicação dessas técnicas, especialmente após 2016, demonstra sua relevância prática. Dessa forma, este trabalho tem como objetivo principal revisar a literatura recente sobre ALNS e ILS e entender seus mecanismos adaptativos e possibilidades de aplicações. Os objetivos incluem, portanto, estudar trabalhos sobre as duas metaheurísticas, identificar suas principais aplicações e tendências, e comparar as estratégias utilizadas nos trabalhos selecionados e os resultados principais.

DESENVOLVIMENTO

A metodologia baseou-se em uma revisão da literatura, priorizando a seleção de trabalhos recentes ou com grande importância para o tema. Para o ALNS, a revisão sistemática de Mara et al. (2022) serviu como base, analisando 252 artigos publicados entre 2006 e 2021. Complementarmente, foram selecionados outros estudos que demonstram variações e hibridizações do algoritmo. Já para o ILS, além do trabalho pioneiro de Lourenço et al. (2003), buscaram-se aplicações recentes e combinações com outras técnicas. Os critérios de seleção incluíram a relevância dos mecanismos adaptativos propostos e a contribuição para o avanço da área. A análise buscou identificar, para cada trabalho selecionado, os componentes adaptativos, o problema resolvido, as principais estratégias adotadas e os resultados. Foram selecionados sete trabalhos principais que representam o estado da arte e demonstram aplicações práticas relevantes.

RESULTADOS

A revisão de Mara et al. (2022) revelou que 95% dos 252 estudos aplicam ALNS em problemas práticos, principalmente roteamento de veículos (PRV) e escalonamento. Praticamente todos utilizam o mecanismo de roleta viciada para seleção adaptativa de operadores, com o critério de Metropolis como mecanismo de aceitação predominante. Máximo e Nascimento (2021) propuseram o AILS-RP, um ALNS com ILS e Path Relinking para o PRVC, obtendo resultados superiores a abordagens da literatura em 93% das instâncias testadas. Kuyu e Vatansever (2024) investigaram seis estratégias de inicialização para ALNS no PRVC, identificando *lr3opt* como superior e *Hill Climbing* como critério de aceitação mais eficaz que o critério de Metropolis. Ouberkouk et al. (2023) combinaram ALNS com Programação Linear Inteira para escalonamento de

bombeiros, demonstrando que componentes adaptativos melhoram significativamente a qualidade das soluções e o tempo de execução. Para ILS, Stützle (2006) estabeleceu bases teóricas sólidas, enquanto Dong et al. (2015) propuseram estratégias de perturbação adaptativa baseadas em histórico de melhorias. A Tabela 1 resume os trabalhos analisados.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo demonstra o potencial do ALNS e ILS como metaheurísticas adaptativas. O ALNS demonstra excelente desempenho quando múltiplos operadores são combinados com seleção adaptativa. A hibridização mostra-se uma tendência, com ALNS-ILS, ALNS-PLI e ILS-PR. Mecanismos adaptativos simples, como o ajuste dinâmico da perturbação no ILS ou o uso de pesos de operadores no ALNS, proporcionam ganhos expressivos de qualidade com baixa complexidade adicional. Observou-se que a escolha de mecanismos de inicialização e critérios de aceitação também tem grande relevância para o resultado final. Para trabalhos futuros, pretende-se aplicar a metaheurística ILS com mecanismos adaptativos do ALNS em diferentes problemas de otimização, a partir das estratégias adaptativas identificadas nesta revisão.

Palavras-chave: *adaptive large neighborhood search; iterated local search;* metaheurísticas adaptativas.

ILUSTRAÇÕES

Tabela 1. *Síntese dos trabalhos revisados sobre ALNS e ILS.*

Autores	Método	Problema	Contribuição Principal
Mara et al. (2022)	ALNS	—	Revisão de 252 artigos e identificação de tendências
Máximo e Nascimento (2021)	ALNS + ILS + PR	PRVC	Hibridização com 93% de superioridade
Kuyu e Vatansever (2024)	ALNS	PRVC	Ir3opt como melhor inicialização; HC mais eficaz que Metropolis
Ouberkouk et al. (2023)	ALNS + PLI	Escalonamento	Componentes adaptativos melhoram

			desempenho e tempo
Stützle (2006)	ILS	QAP	Fundamentos teóricos do ILS
Dong et al. (2015)	ILS	Flow Shop	Perturbação adaptativa com base no histórico
Lourenço et al. (2003)	ILS	—	Base teórica para compreensão do ILS

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DONG, X.; NOWAK, M.; CHEN, P.; LIN, Y. Self-adaptive perturbation and multi-neighborhood search for iterated local search on the permutation flow shop problem. *Computers & Industrial Engineering*, v. 87, p. 176-185, 2015.

KUYU, Y. C.; VATANSEVER, F. Alternative initialization and acceptance strategies for ALNS to solve CVRP. *Transportation Research Record*, v. 2678, n. 5, p. 42-58, 2024.

LOURENÇO, H. R.; MARTIN, O. C.; STÜTZLE, T. Iterated local search. In: GLOVER, F.; KOCHENBERGER, G. A. (Ed.). *Handbook of metaheuristics*. Boston: Kluwer, 2003. p. 320-353.

MARA, S. T. W. et al. A comprehensive review of adaptive large neighborhood search for solving optimization problems. *IEEE Access*, v. 10, p. 18420-18447, 2022.

MÁXIMO, V. R.; NASCIMENTO, M. C. V. An adaptive iterated local search with path relinking for the capacitated vehicle routing problem. *Computers & Operations Research*, v. 132, p. 105295, 2021.

OUBERKOUK, Y.; BOUFFLET, J. P.; MOUKRIM, A. ALNS approach for staff scheduling with soft constraints. *European Journal of Operational Research*, v. 310, n. 2, p. 738-753, 2023.

STÜTZLE, T. Iterated local search for the quadratic assignment problem. *European Journal of Operational Research*, v. 174, n. 3, p. 1519-1539, 2006.

ROPKE, Stefan; PISINGER, David. An adaptive large neighborhood search heuristic for the pickup and delivery problem with time windows. *Transportation science*, v. 40, n. 4, p. 455-472, 2006.

DADOS CADASTRAIS

BOLSISTA: Tailini Schultz

MODALIDADE DE BOLSA: PROIP/UDESC

VIGÊNCIA: 09/24 a 01/25 – Total: 4 meses.

ORIENTADOR(A): Marcelo de Souza

CENTRO DE ENSINO: CEAVI

DEPARTAMENTO: Departamento de Engenharia de Software

ÁREAS DE CONHECIMENTO: Ciência da Computação/Metodologias e Técnicas da Computação.

TÍTULO DO PROJETO DE PESQUISA: Projeto Automático de Algoritmos

Nº PROTOCOLO DO PROJETO DE PESQUISA: NPP4054-2022