

Uso de Aspectos da Topologia Virtual no Problema RWBA em Redes Ópticas Metropolitanas MB-OFDM

**E. S. Gama¹, C. M. Oliveira¹, I. E. Fonseca¹, R. C. Almeida
Júnior², T. M. F. Alves³, J. P. F. Rosário³ e A. V. T. Cartaxo³**

¹Universidade Federal da Paraíba (UFPB) – Brasil

²Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) – Brasil

³Instituto Superior Técnico (IST) – Portugal



Redes Ópticas Metropolitanas

- ❑ No planejamento de implementação de uma rede óptica metropolitana, precisa ser:
 - Flexível
 - Escalável
 - Reconfigurável de forma dinâmica
 - Transparente

- ❑ A Rede **MORFEUS** é uma forma eficiente de fornecer tais recursos

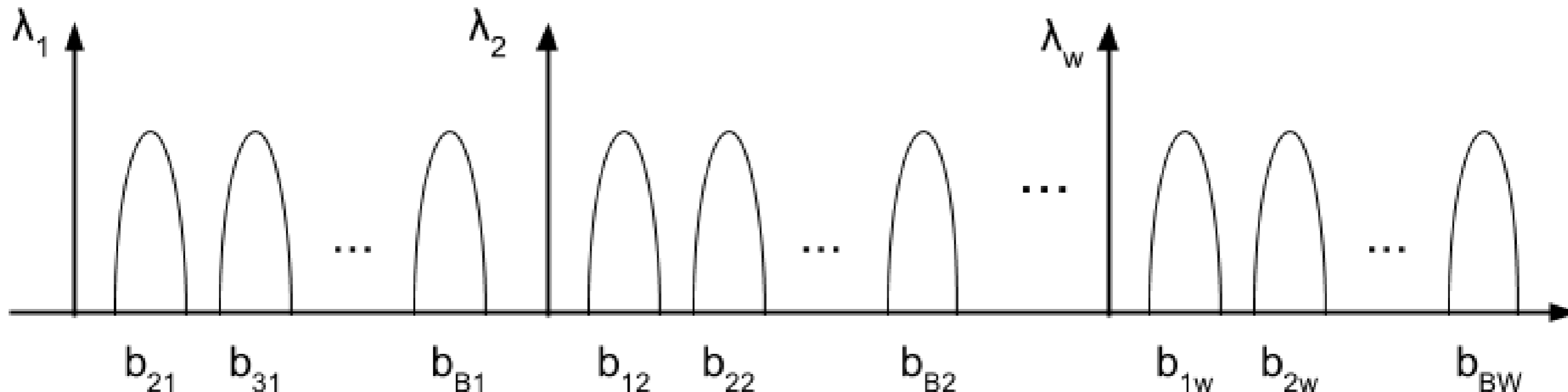


Metro Networks Based on Multi-Band Orthogonal Frequency-Division Multiplexing Signals (MORFEUS)

- ❑ Baseada no uso de Multiplexação por divisão de comprimento de onda (*wavelength division multiplexing - WDM*);
- ❑ Num cenário de rede metropolitana flexível, a utilização de portadoras virtuais perto de cada banda de **OFDM** (*Orthogonal frequency-division multiplexing*) foi proposto para auxiliar a detecção de banda.
- ❑ A rede de metropolitana MB-OFDM (*multi-band Orthogonal frequency-division multiplexing*) emprega portadoras virtuais com detecção direta (*Direct Detection - DD*)

Metro Networks Based on Multi-Band Orthogonal Frequency-Division Multiplexing Signals (MORFEUS)

- Um conjunto de bandas dentro de um número existente de canais ópticos, e podemos supor que um usuário pode solicitar um determinado número de bandas.



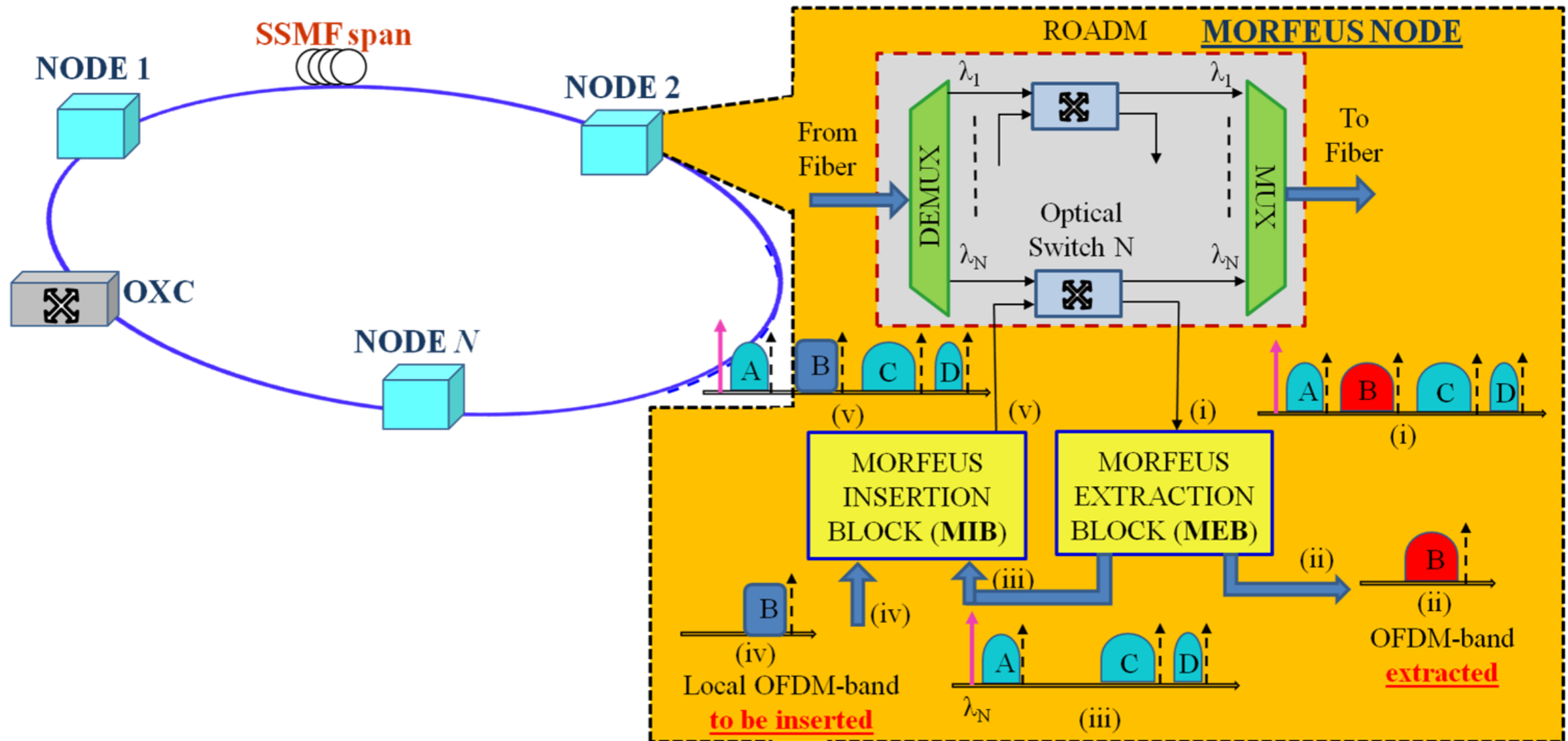
Arquitetura da MORFEUS

Em primeiro lugar, o comprimento de onda do sinal **MB-OFDM** é desmultiplexado pelo **ROADM** (*reconfigurable optical add-drop multiplexer*). A saída do comutador óptico pode ser ligado a:

(A) Fibra seguinte (se as bandas desse canal de comprimento de onda não são utilizadas pelo nó alvo

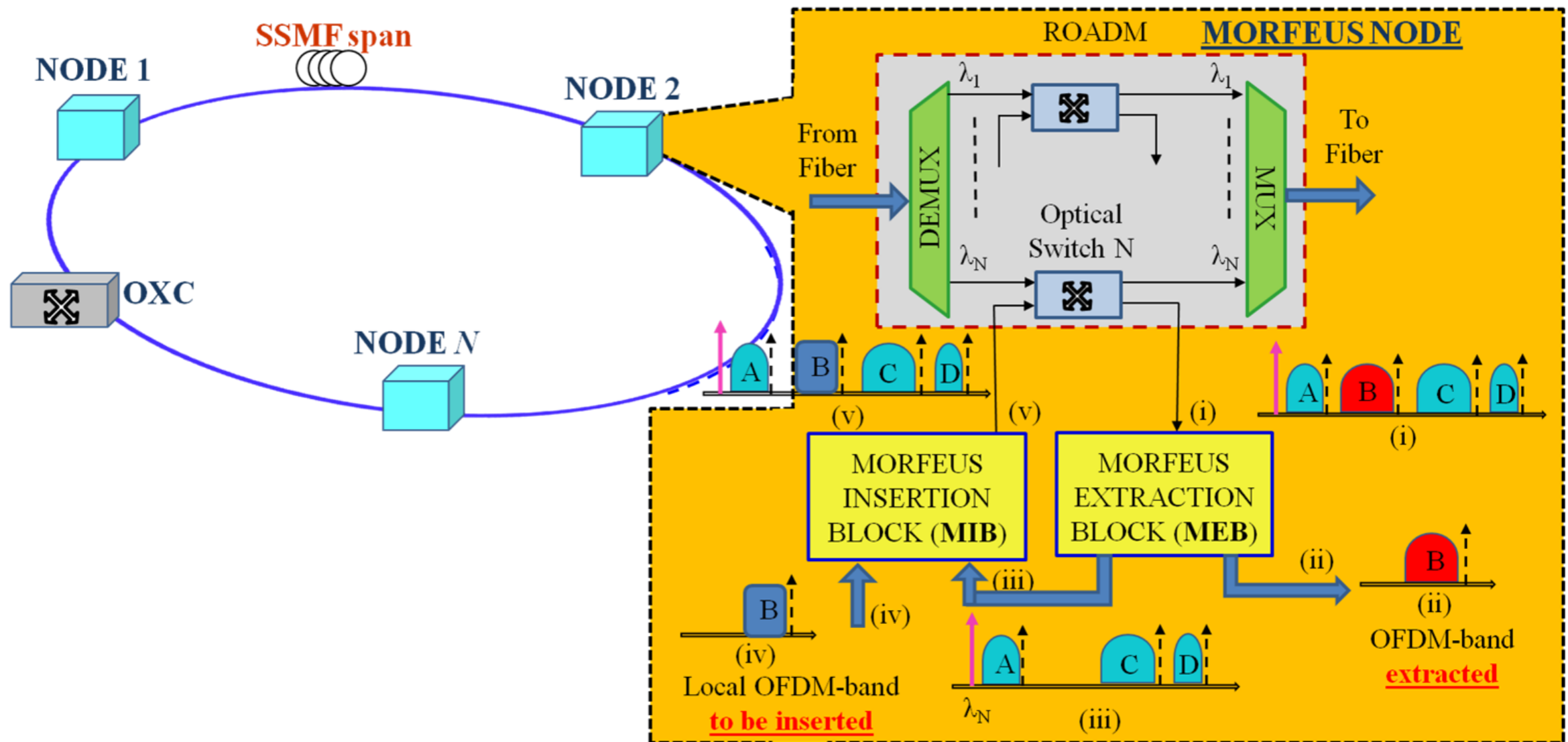
(B) Blocos responsáveis pela extração de banda (*Extraction block MORFEUS - MEB*) e inserção de banda (*Insertion Block - MIB*).

Arquitetura da MORFEUS



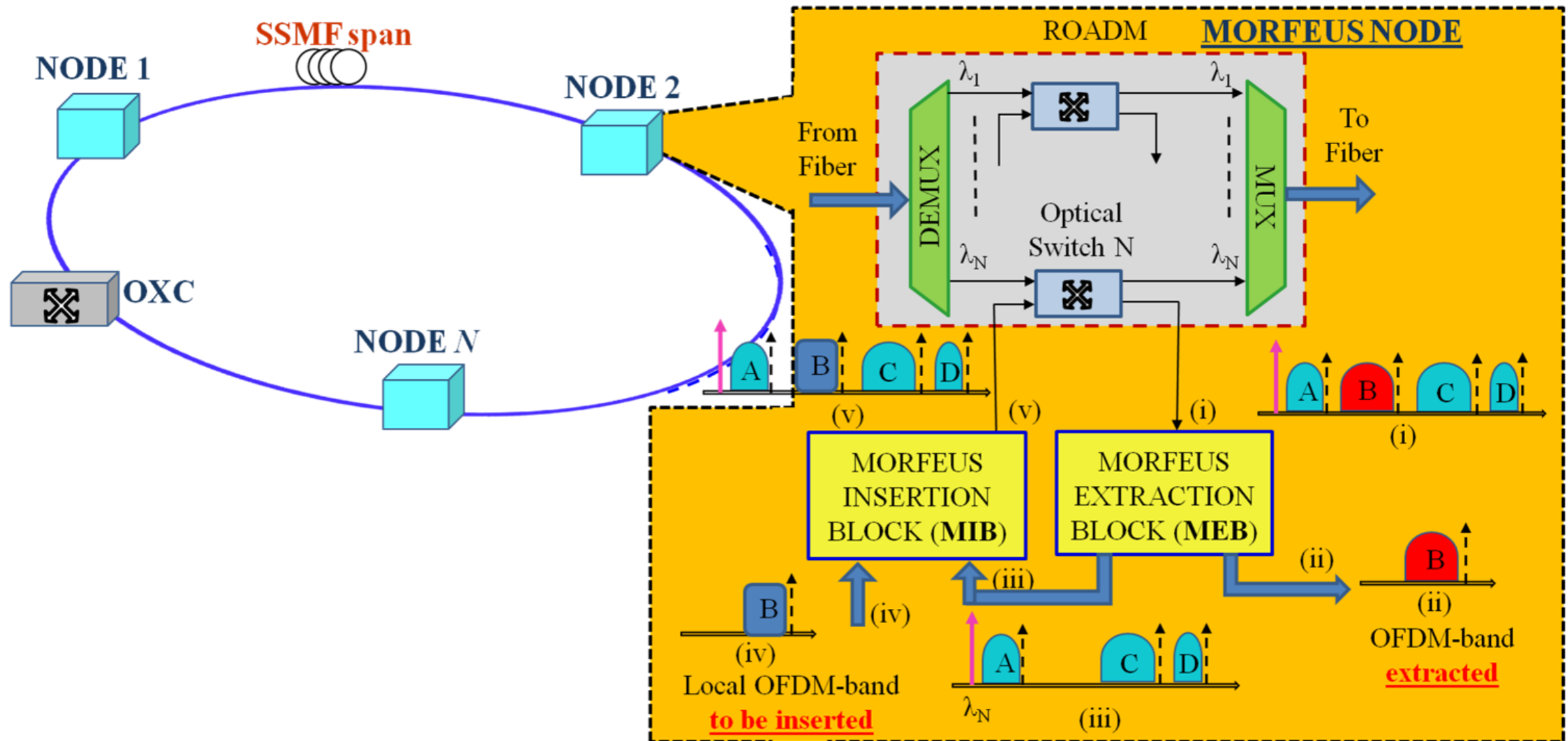
- (i) O comprimento de onda λ_N contem bandas a serem removidas e é encaminhado ao MEB

Arquitetura da MORFEUS



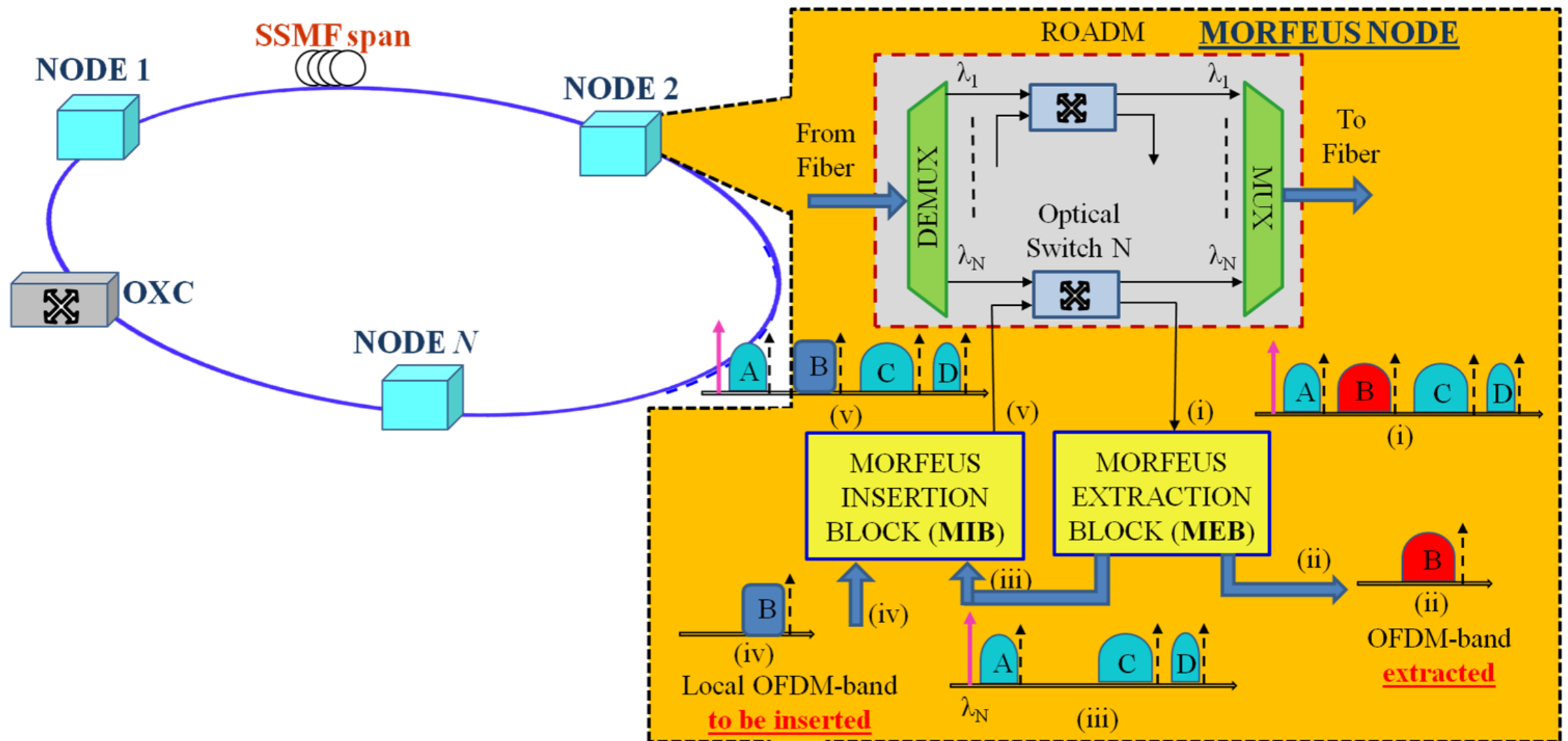
(ii) A banda B é removido do comprimento de onda λ_N

Arquitetura da MORFEUS



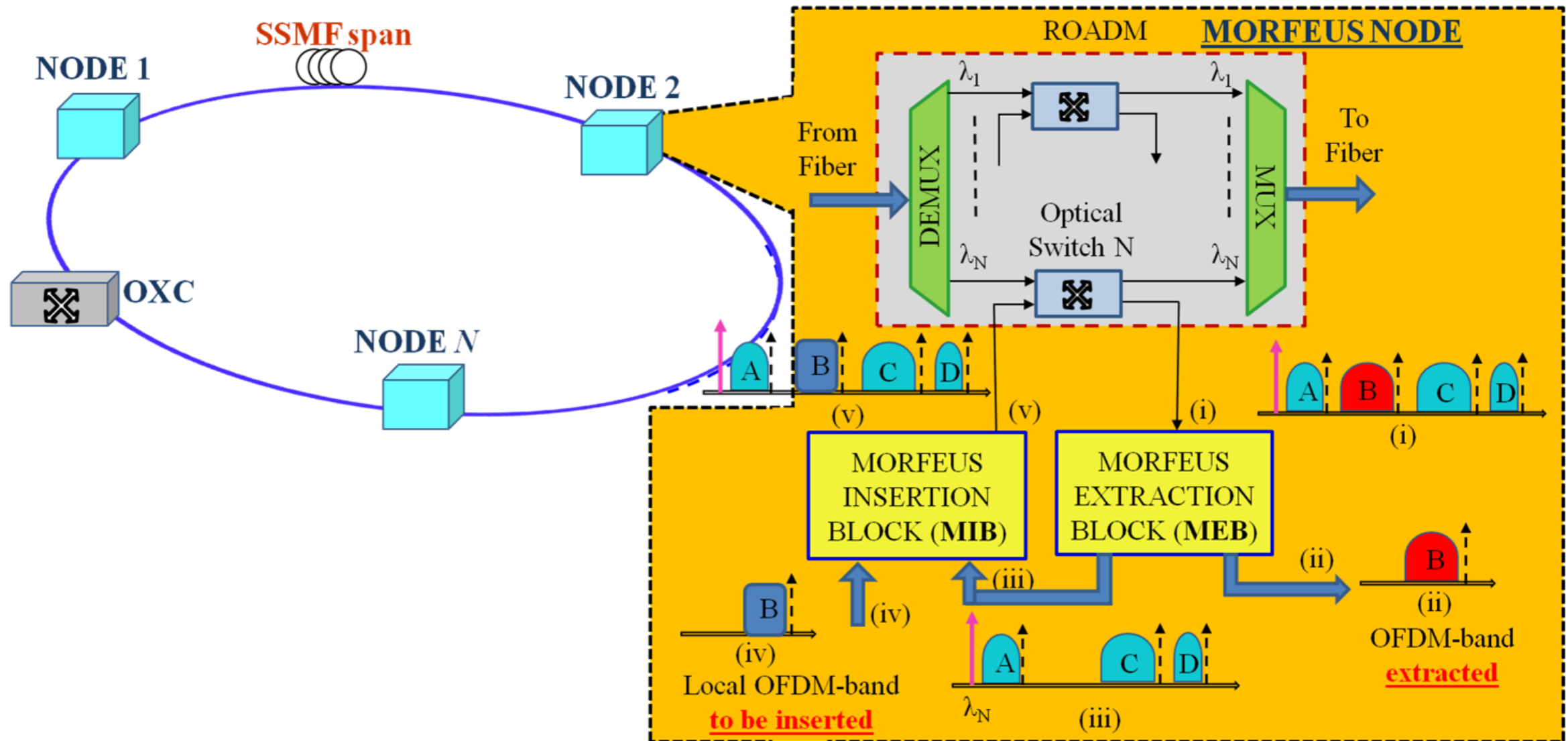
(iii) O MEB repassa o comprimento de onda λ_N sem a banda B para o MIB

Arquitetura da MORFEUS



(iv) O MIB adiciona uma nova banda B ao comprimento de onda λ_N

Arquitetura da MORFEUS

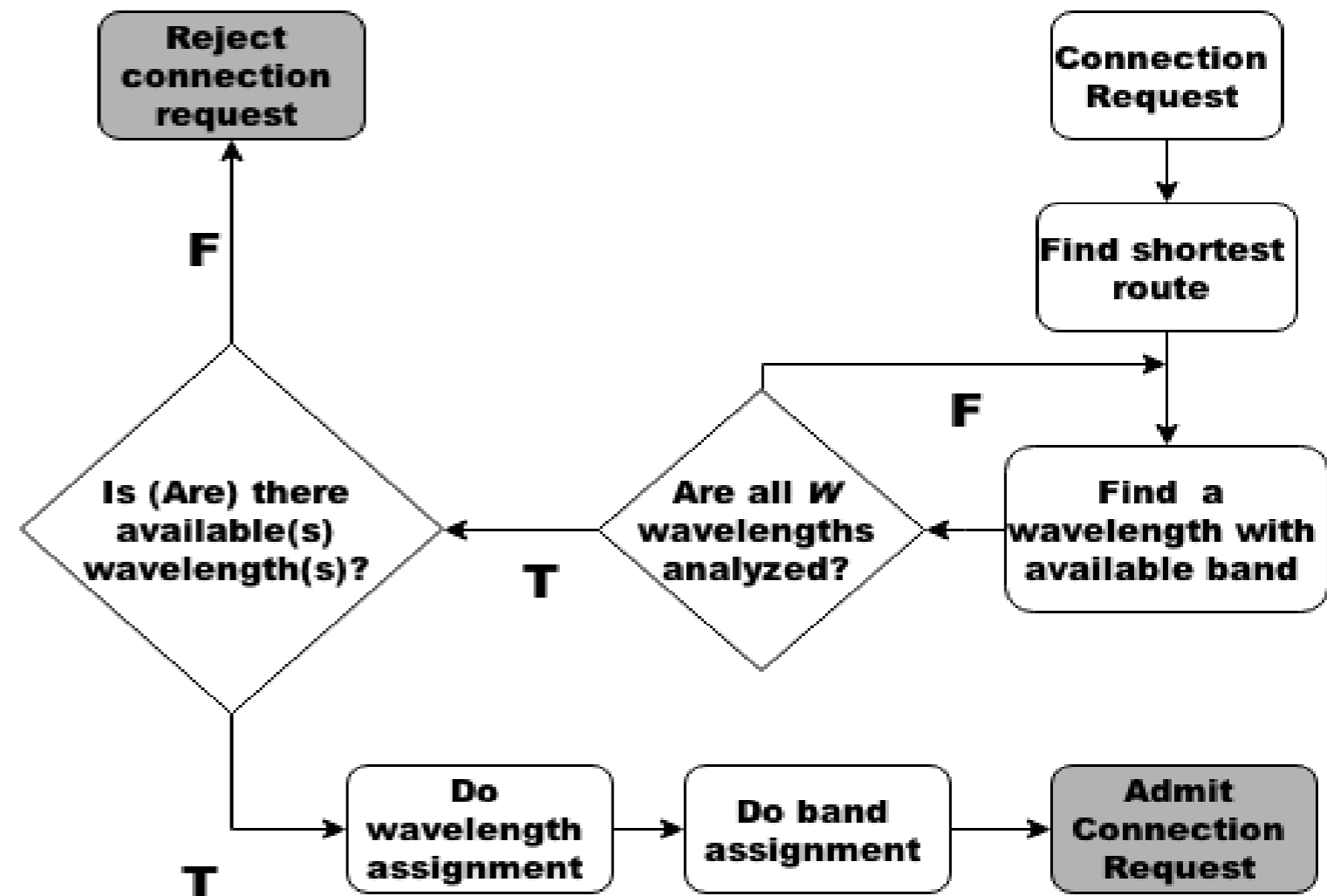


(v) O MIB repassa o comprimento de onda λ_N completo novamente para a rede

Problema RWBA

□ Routing, wavelength and band assignment problem (RWBA)

- Routing assignment (RA)
- Wavelength assignment (WA)
- Band assignment (BA)



Problema na Rede MORFEUS

- i. Para alterar parcialmente um sinal, todo ele é analisado, para extrair parte das bandas do sinal todas as bandas precisam ser tratadas pelo MEB.
- ii. O sinal de banda OFDM resultante precisa ser extraído e encaminhado de acordo com as conexões relacionadas.
- iii. Após a extração das bandas, a banda é encaminhada para uma outra rede, enquanto o resto das bandas são encaminhadas para o MIB.

Problema na Rede MORFEUS

- i. Para alterar parcialmente um sinal, todo ele é analisado, para extrair parte das bandas do sinal **todas as bandas precisam ser tratadas pelo MEB.**
- ii. O sinal de banda OFDM resultante precisa ser extraído e encaminhado de acordo com as conexões relacionadas.
- iii. Após a extração das bandas, a banda é encaminhada para uma outra rede, enquanto o resto das bandas são encaminhadas para o MIB.

Problema na Rede MORFEUS

- i. Para alterar parcialmente um sinal, todo ele é analisado, para extrair parte das bandas do sinal **todas as bandas precisam ser tratadas pelo MEB.**
- ii. O sinal de banda OFDM resultante precisa ser extraído e encaminhado de acordo com as conexões relacionadas.
- iii. Após a extração das bandas, a banda é encaminhada para uma outra rede, enquanto o resto das bandas são encaminhadas para o MIB.

Topologia lógica!!!

Heurísticas

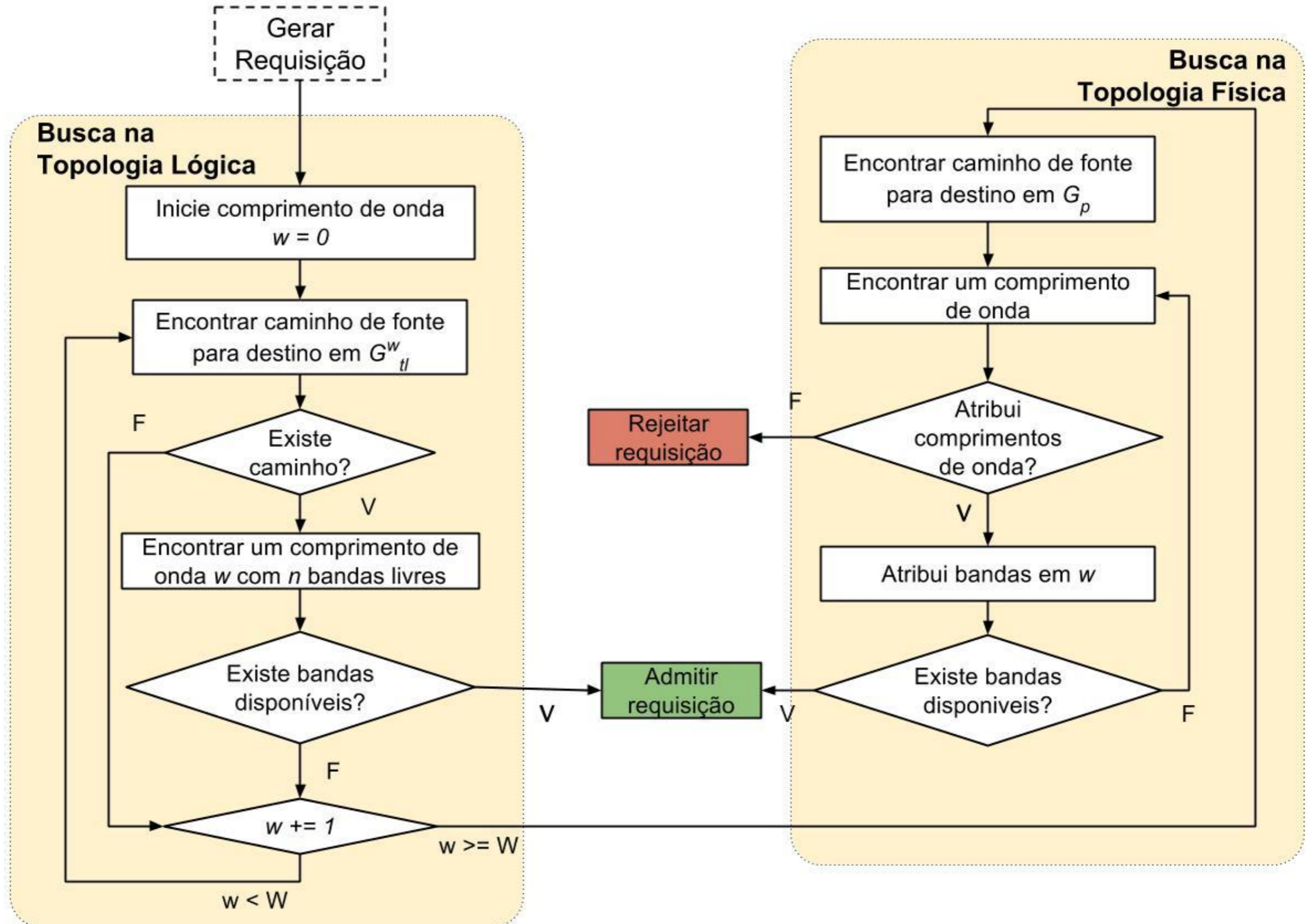
□ First-Fit (FF):

- O primeiro comprimento de onda livre ou subconjunto de bandas livres, respectivamente, no problema WA ou BA, de uma preestabelecida ordem é selecionada;

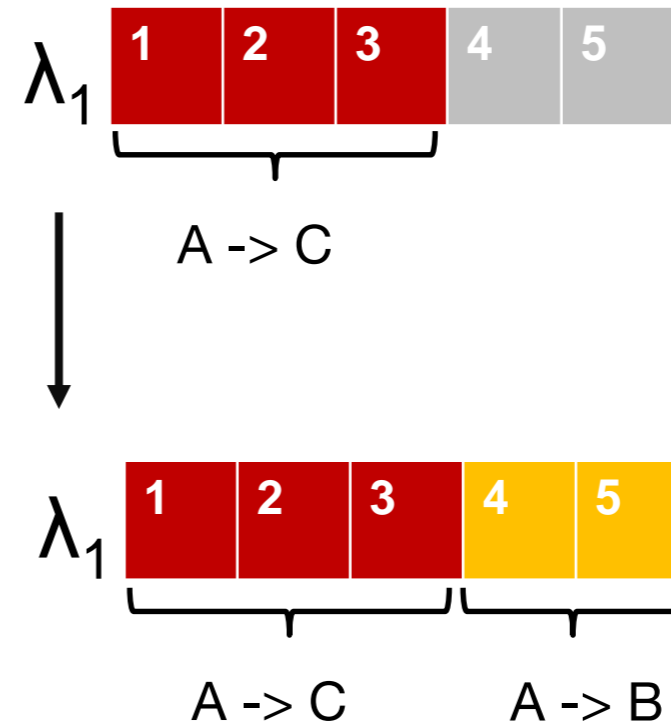
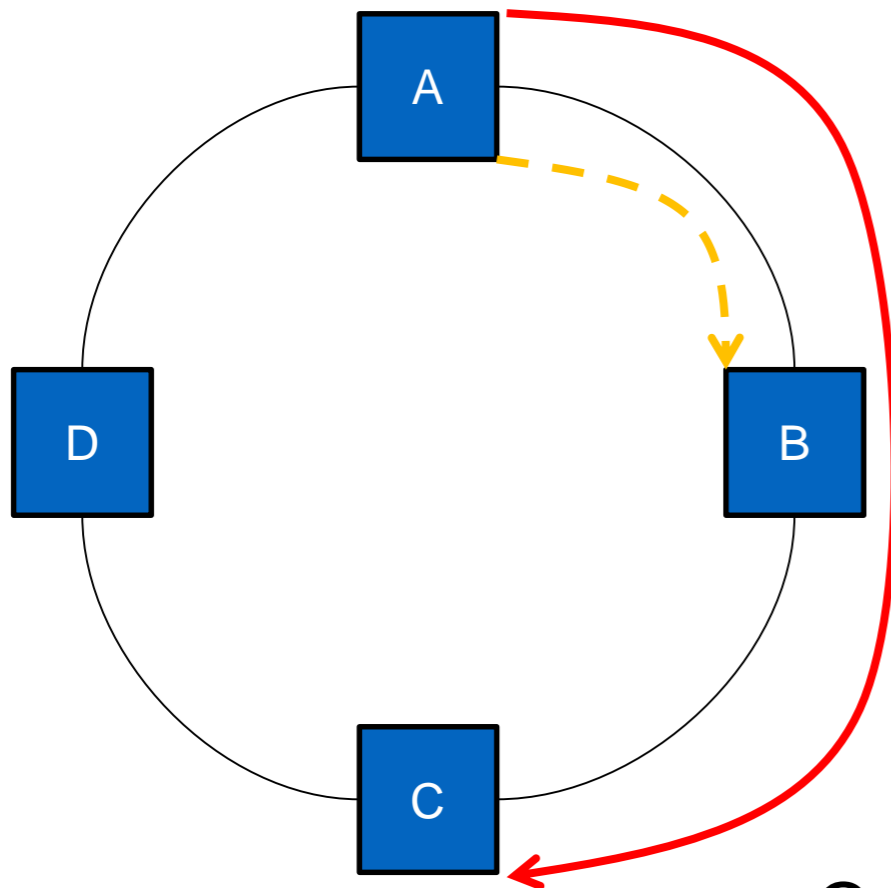
□ Topologia Lógica (TL) + FF:

- Seleciona o primeiro comprimento de onda com todas as bandas livres, quando a TL encontra um caminho, apenas o subproblema BA é acionado alocando a requisição no primeiro conjunto de bandas livres.

Topologia Lógica

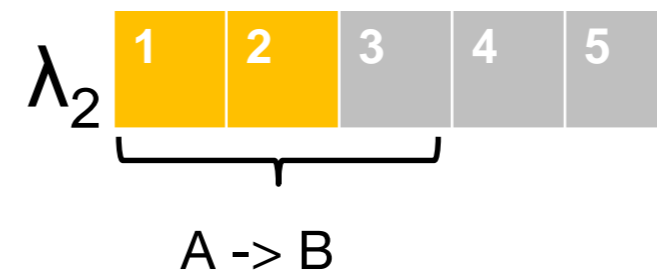
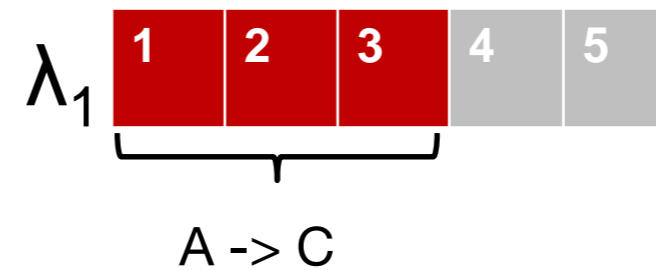
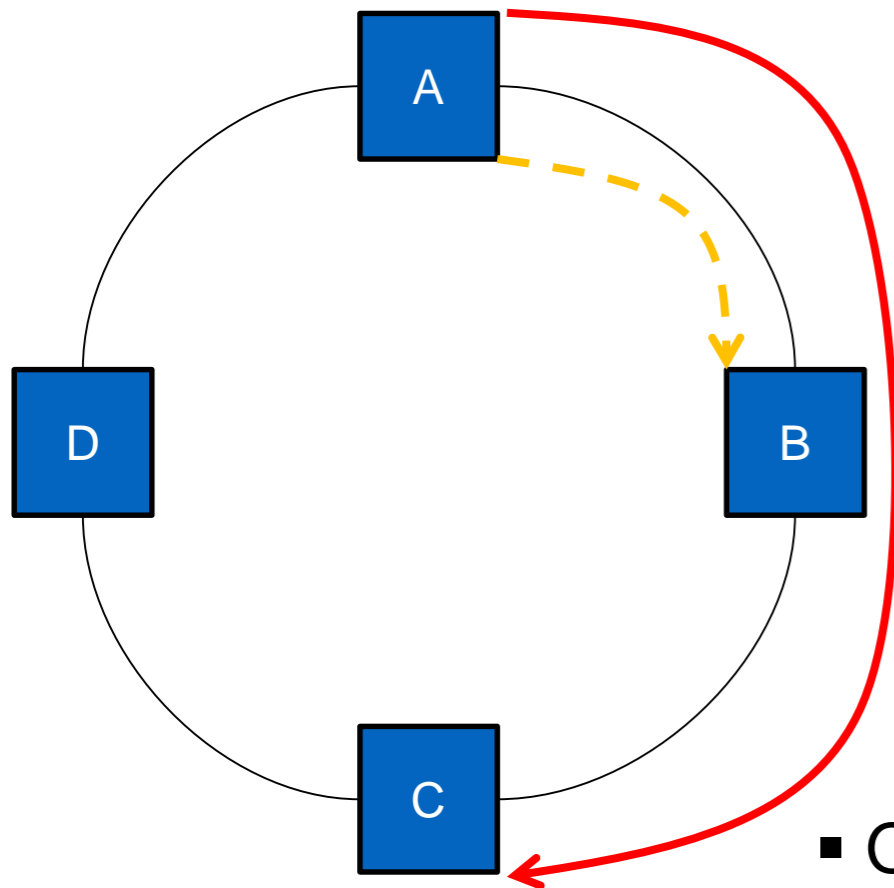


Heurística FF-FF



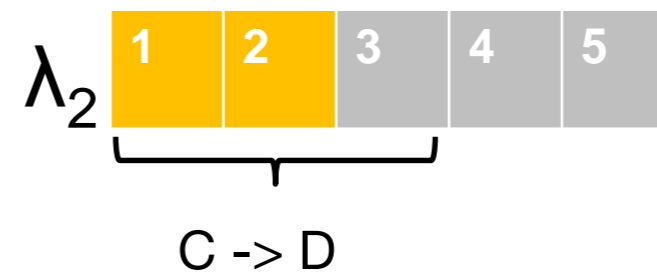
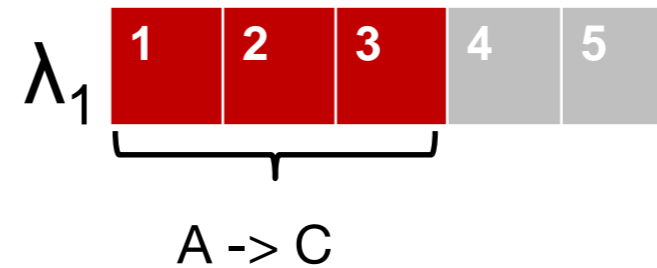
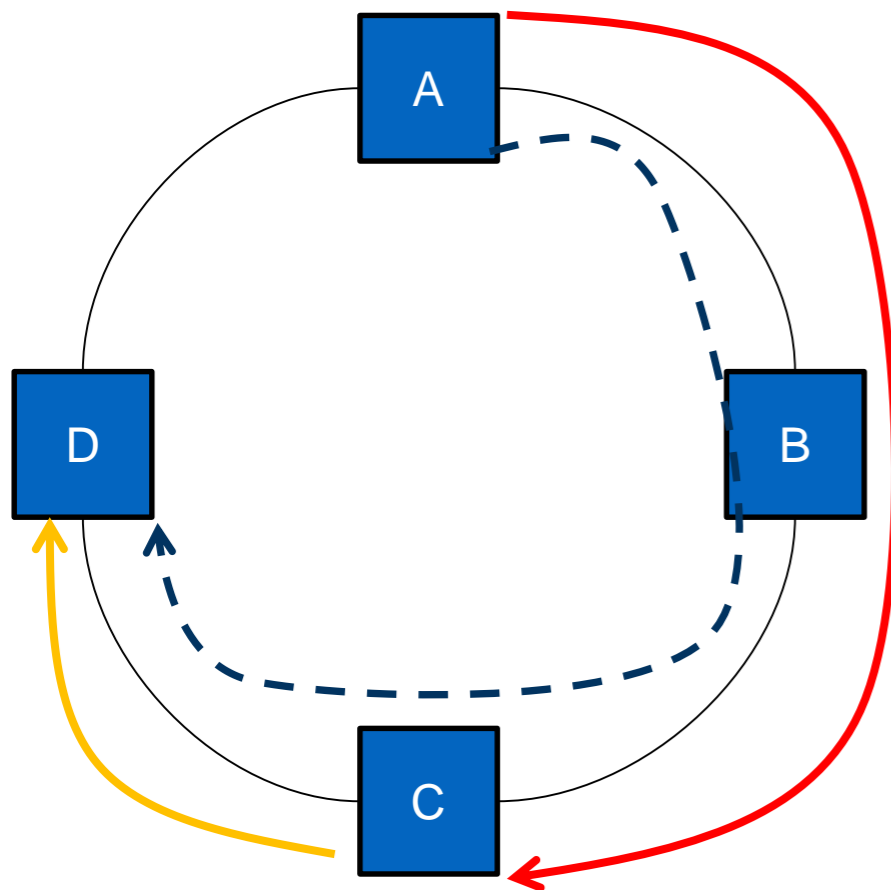
- O estado atual da rede tem a conexão A->C ativa usando as bandas (1,2,3);
- Suponha que chega uma requisição de A->B que pede duas bandas;
- Neste caso, seriam usados as bandas (4, 5) em λ_1 ;

Heurística TL-FF-FF



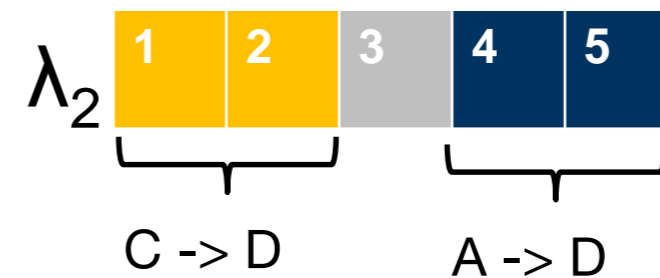
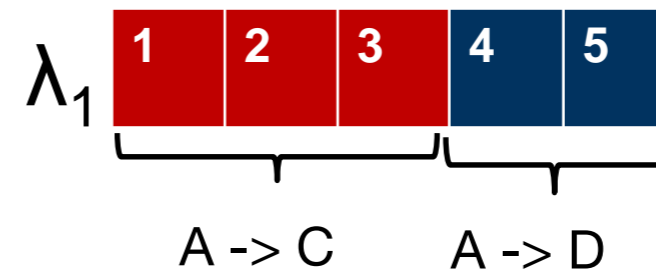
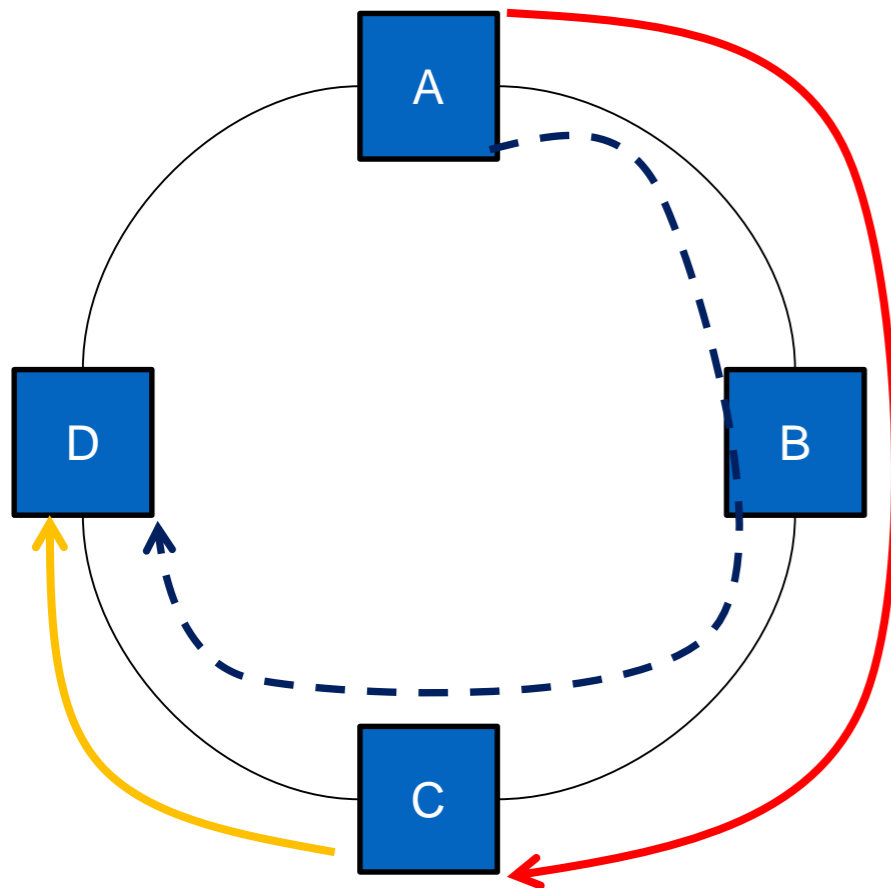
- O estado atual da rede tem a conexão A->C ativa usando as bandas (1,2,3);
- Suponha que chega uma requisição de A->B que pede duas bandas;
- Agora no novo cenário, deve-se estabelecer uma nova conexão (caminho óptico) usando um comprimento de onda diferente de λ_1 , ex. λ_2 , e atribuir as bandas necessários dentro de λ_2 ;

Heurística TL-FF-FF



- O estado atual da rede tem a conexão A->C ativa usando a banda (1) em λ_1 e a conexão C->D usando as bandas (1, 2, 3) de λ_1 (mas em outro enlace);
- Suponha que chega uma requisição de A->D que pede duas bandas;
- Agora no novo cenário, pode-se estabelecer uma nova conexão (caminho óptico) usando bandas (4, 5) do comprimento de onda λ_1 ;
- O slide seguinte mostra como ficaria depois de alocada a conexão A->D;

Heurística TL-FF-FF



- Note que o Tráfego da conexão A->D, é extraído e recolocado no nó C no mesmo comprimento de onda (λ_1) e nas mesmas bandas (4,5);
- A matriz da Topologia Lógica irá nos ajudar nessa situação.

Cenários de simulação

- ❑ Canais de comprimento de onda com 3, 6 e 9 bandas com capacidade total de 72, 360 bandas;
- ❑ Topologia em anel bidirecional com 9 nós; Pedido de bandas:
 - 1, 2 e 3 bandas com probabilidade uniforme;
- ❑ Chega de requisições:
 - Distribuição poissoniana;
 - Uniformemente distribuída entre os pares de nós;
- ❑ Duração:
 - ❑ Exponencialmente distribuída (média= 1s).

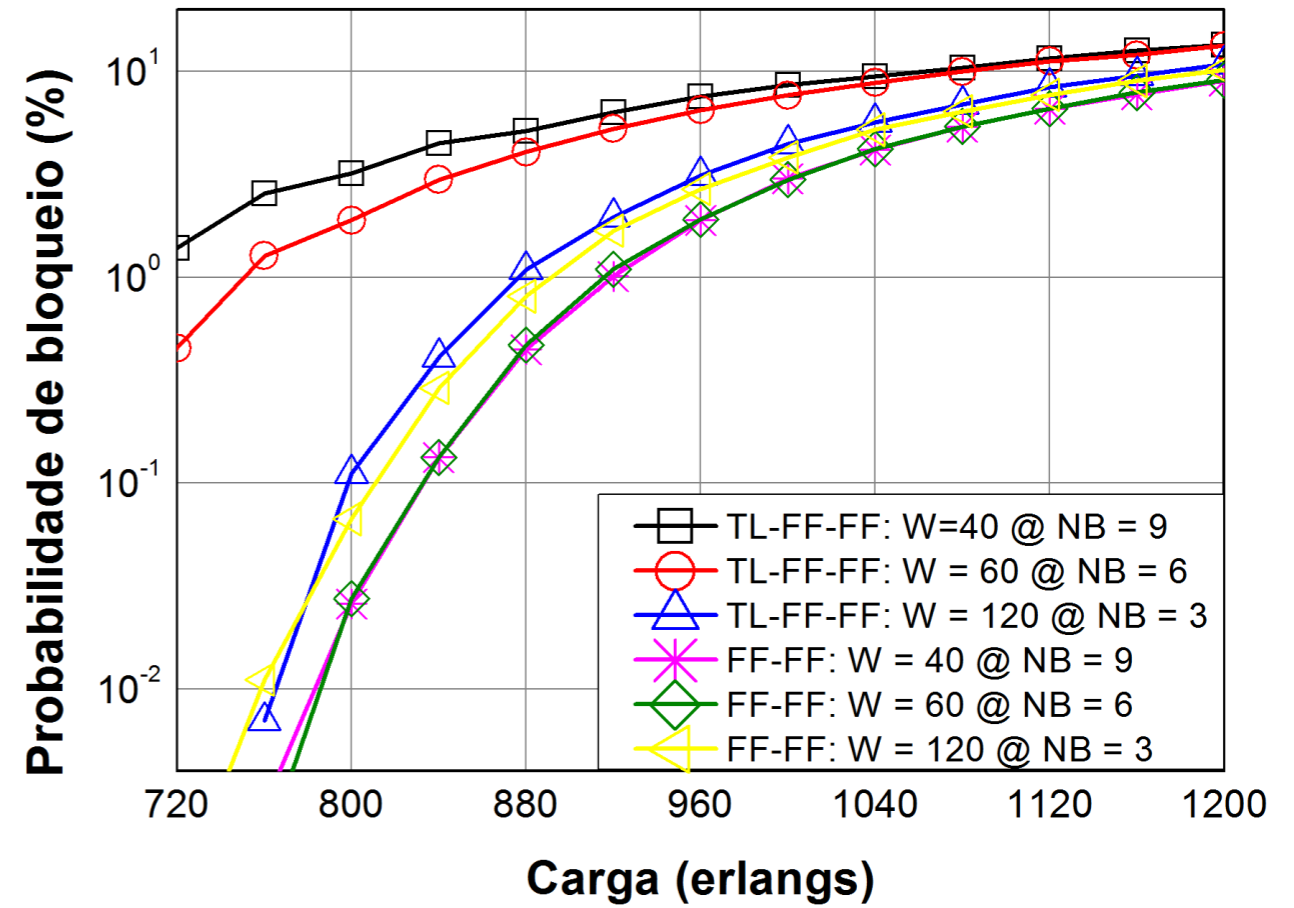
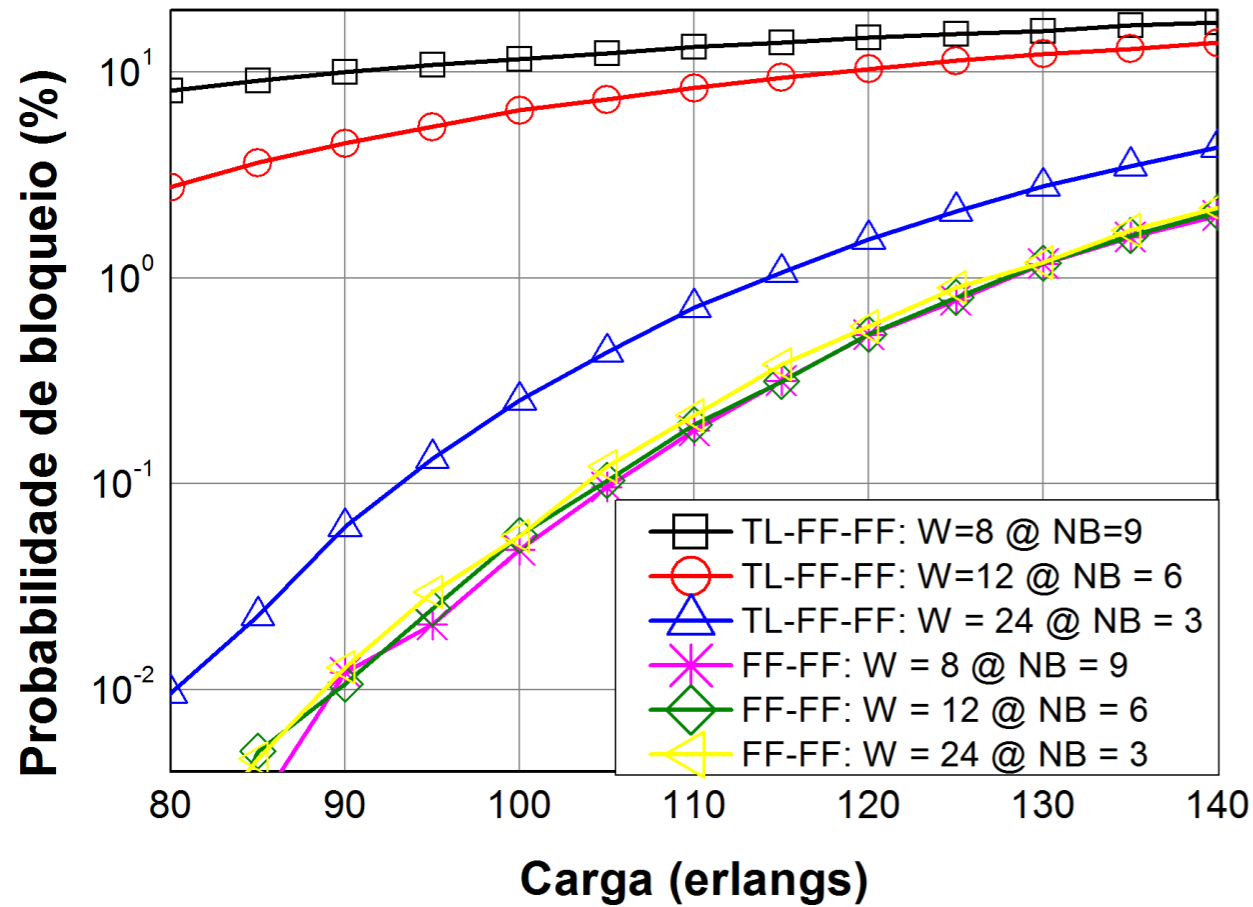
Resultados

1. O desempenho da rede é dado pela probabilidade de bloqueio, a qual significa o número de requisições bloqueadas pelo algoritmo RWBA dentre o número total de requisições.
2. O uso de comprimentos de onda e blocos MEB/MIB's na rede pela função Custo:

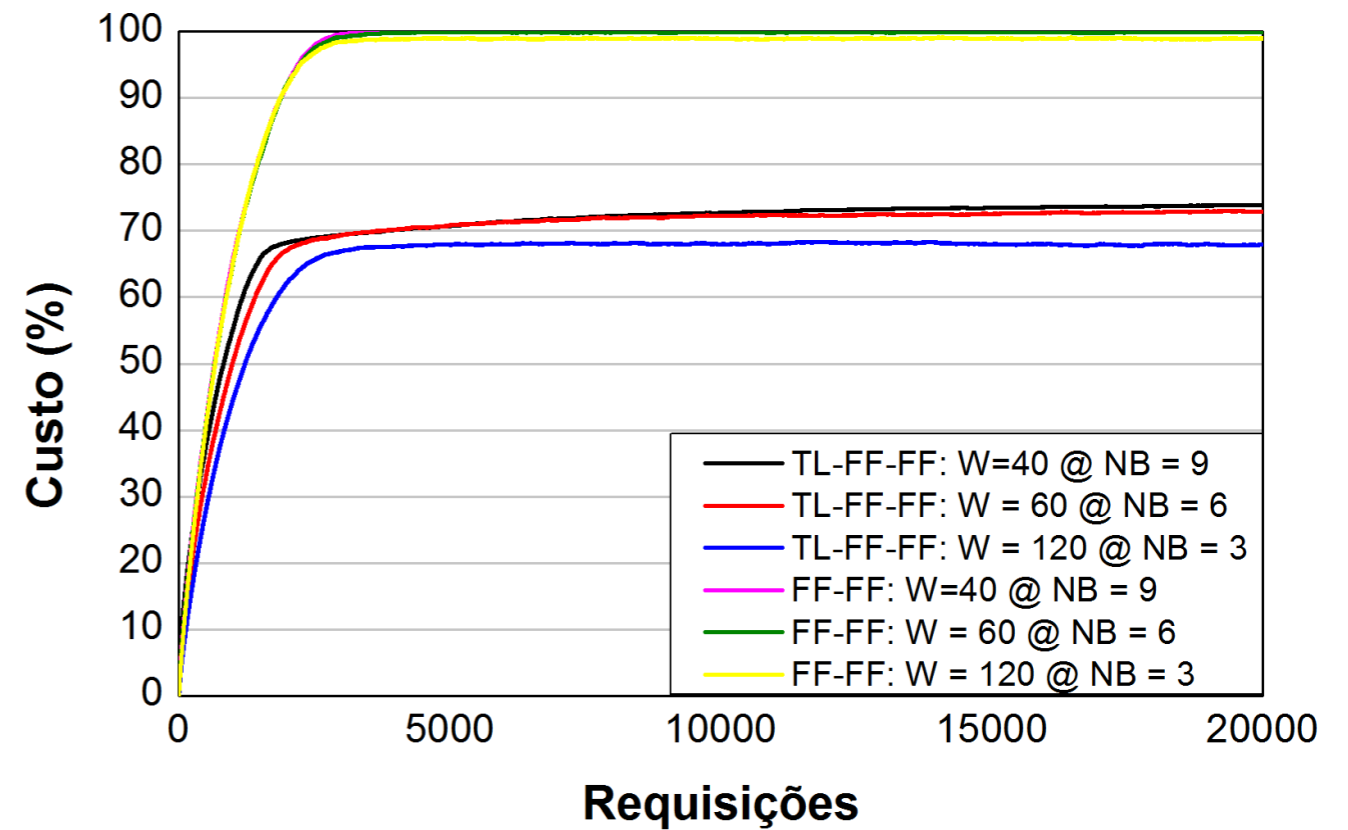
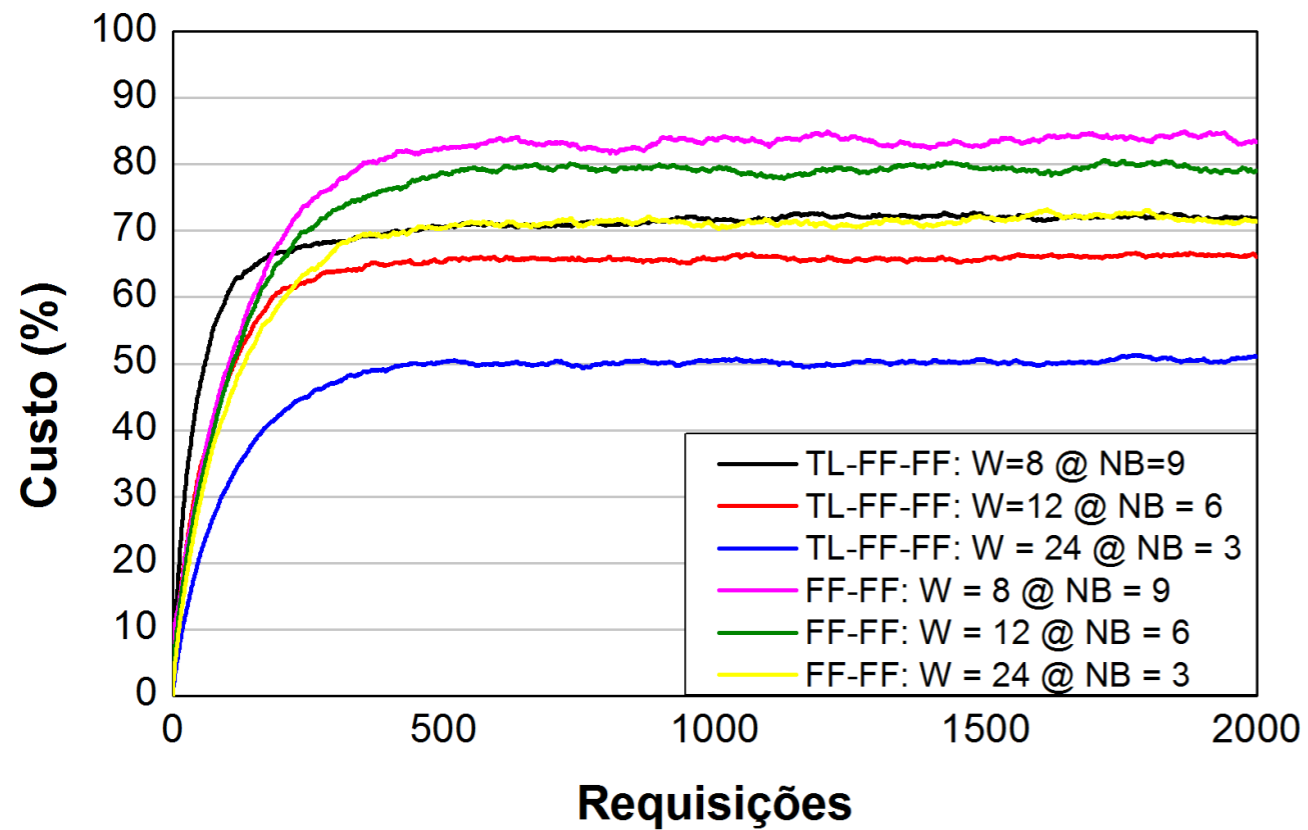
$$\frac{\sum_{i \in N} \sum_{j \in W} c(i, j)}{W_{total} \times N_{total}}$$

- $c(i, j) = 1$ indica que o comprimento de onda j do enlace i está ocupado, caso contrário, o comprimento de onda está livre $c(i, j) = 0$.

Resultados



Resultados



Resultados

<i>Linha</i>	<i>Capacidade da rede ($N_{B,T}$)</i>	<i>RWBA</i>	<i>PB (%)</i>	<i>Custo (E)</i>
1	72 bandas	FF-FF: W = 8 @ NB = 9	0,0478	83%
2		FF-FF: W = 12 @ NB = 6	0,056	79%
3		FF-FF: W = 24 @ NB = 3	0,0558	71%
4		TL-FF-FF: W = 8 @ NB = 9	11,5987	72%
5		TL-FF-FF: W = 12 @ NB = 6	6,517	66%
6		TL-FF-FF: W = 24 @ NB = 3	0,2542	50%
7	360 bandas	FF-FF: W = 40 @ NB = 9	3,0114	100%
8		FF-FF: W = 60 @ NB = 6	2,9747	100%
9		FF-FF: W = 120 @ NB = 3	3,8238	99%
10		TL-FF-FF: W = 40 @ NB = 9	8,5907	72%
11		TL-FF-FF: W = 60 @ NB = 6	7,664	72%
12		TL-FF-FF: W = 120 @ NB = 3	4,1542	68%

Conclusão e trabalhos futuros

□ Conclusão:

- Com um projeto apropriado de alocação no número de bandas por comprimento de onda pode levar a resultados promissores do ponto de vista de **custo** e **desempenho de bloqueio**

□ Trabalhos futuros:

- A inclusão de efeitos da camada física, bem como o desenvolvimento de novas heurísticas para o problema RWBA estão atualmente em análise.

Agradecimentos

FCT

Fundação para a Ciência e a Tecnologia
MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E ENSINO SUPERIOR

