

Ferro

**Funções, metabolismo, necessidades e
recomendações dietéticas**

Ferro

Ferro férrico - Fe³⁺

Ferro ferroso - Fe²⁺



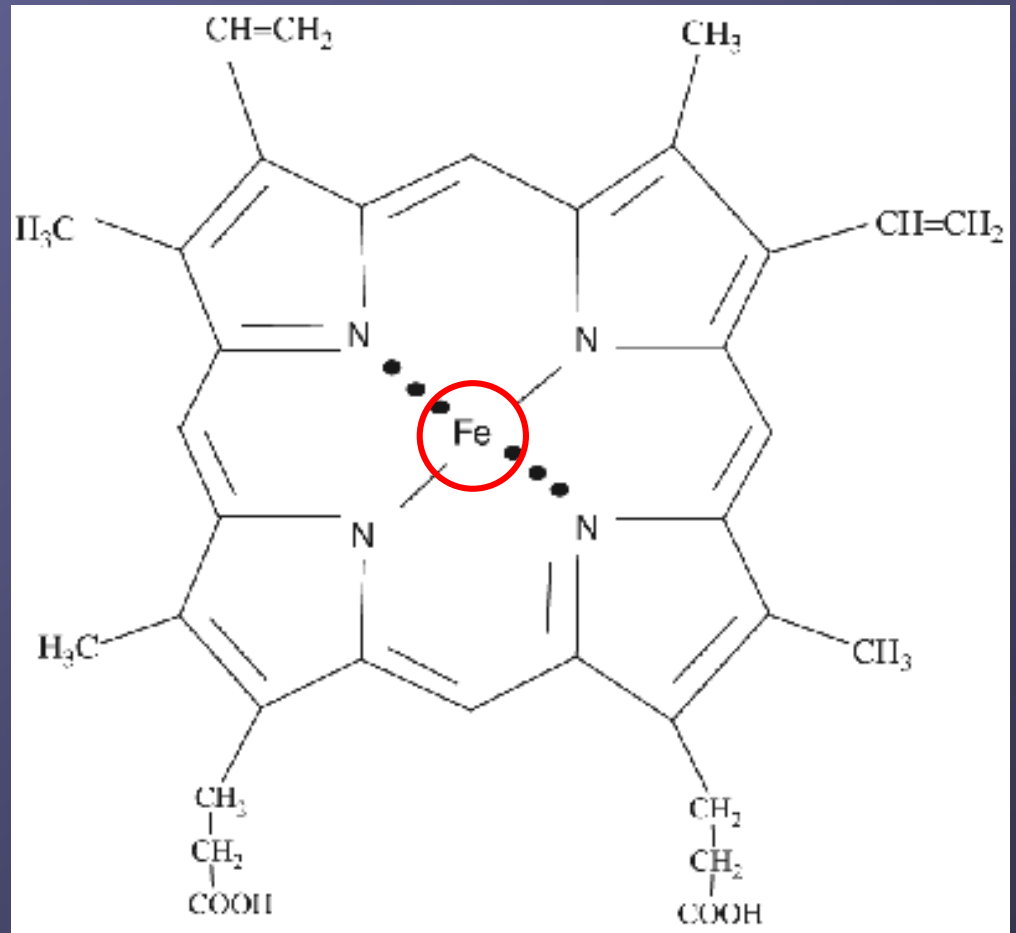
(1) Haber - Weiss: redução pelo superóxido

(2) Catalizada pela superóxido dismutase, é a mais importante quantitativamente

(3) Fenton: produção do radical hidroxil ($\cdot\text{OH}$) altamente reativo

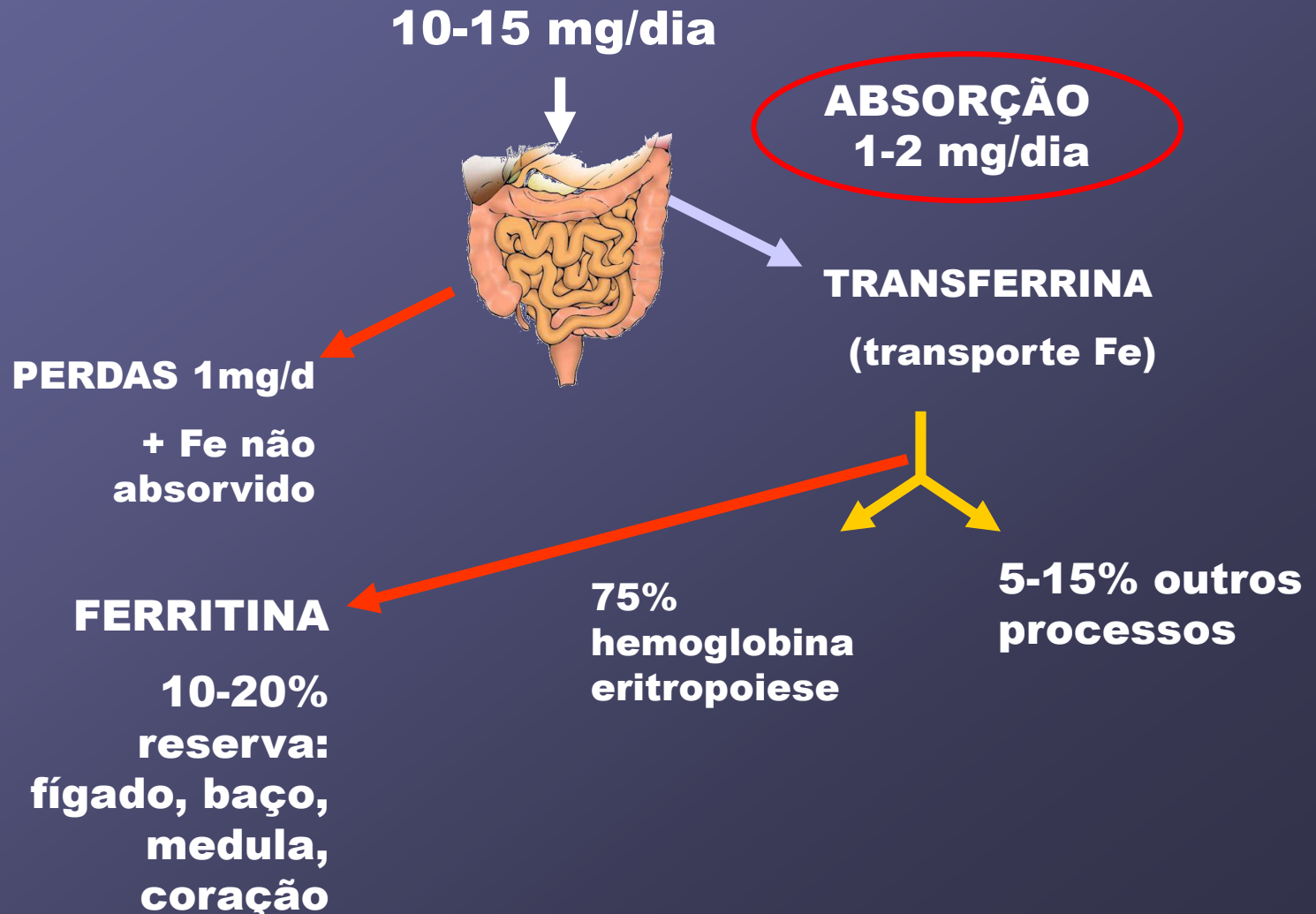
Ferro heme

Ferro “protegido” dentro do complexo porfirínico



Ferro

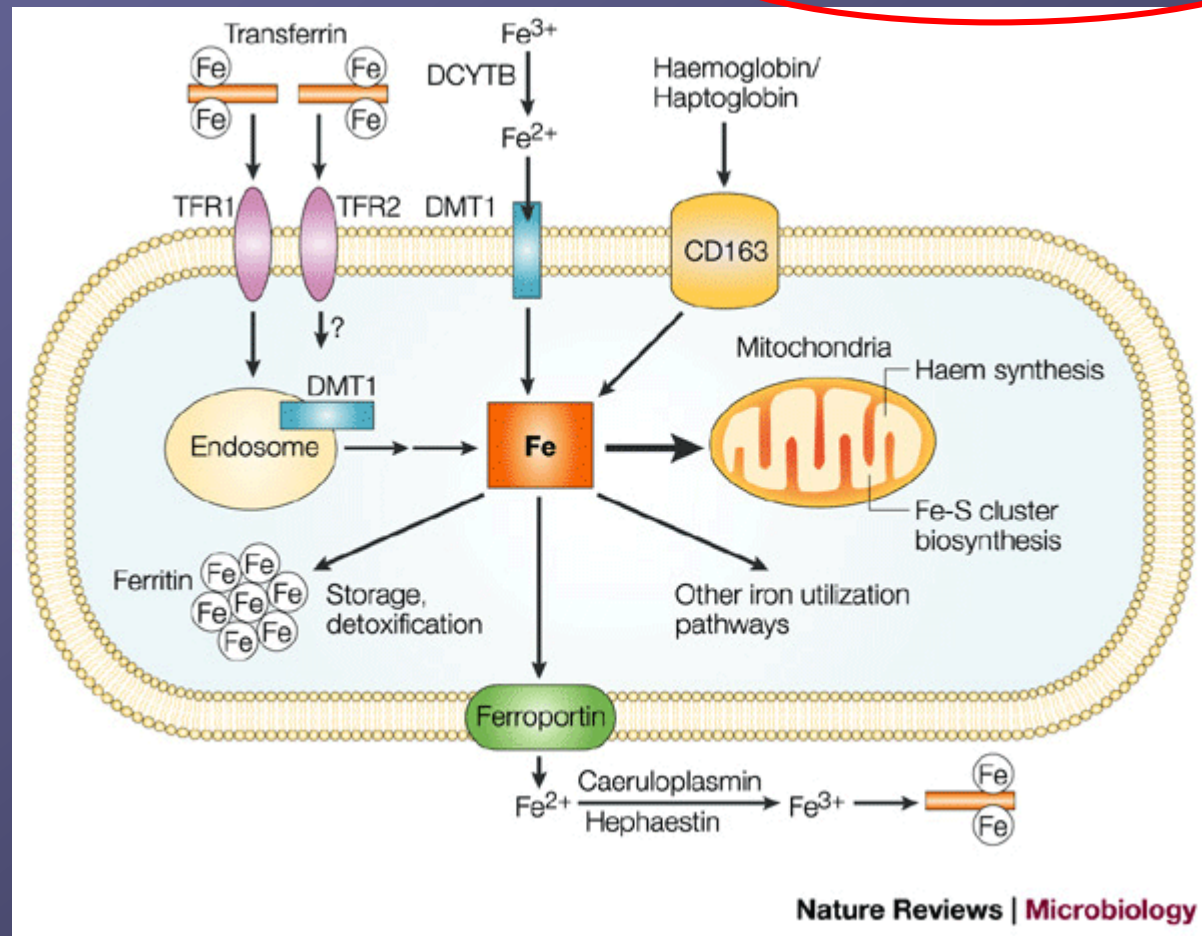
Distribuição



Ferro

Metabolismo

pH > 2, duodeno e jejunum

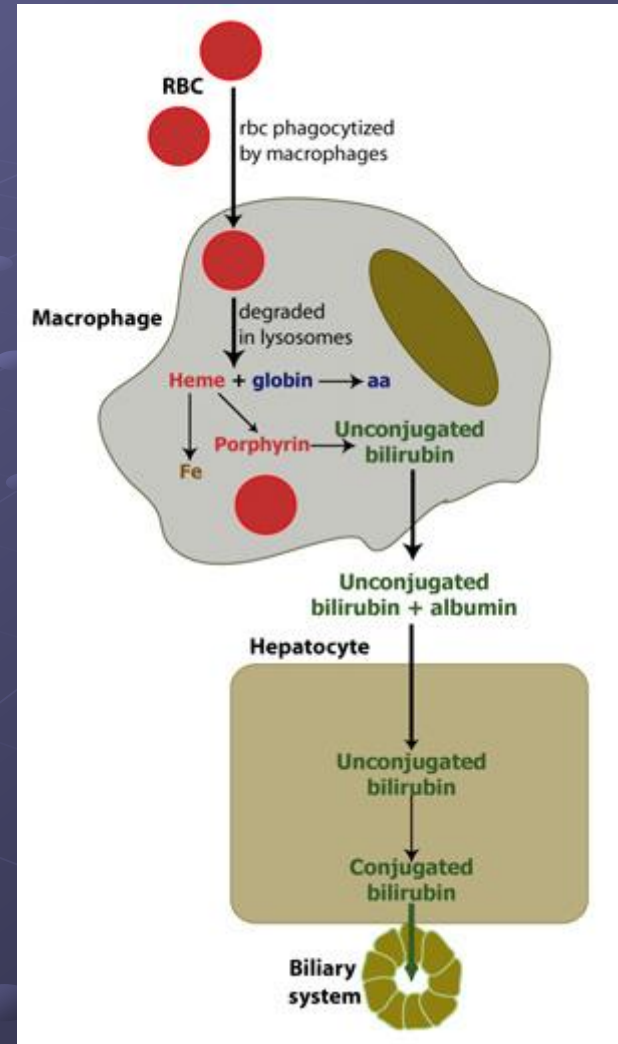


Nature Reviews | Microbiology

Nature Reviews 9: 72-81, 2008.

Ferro eritrócito

- No homem adulto, ~95% do Fe para eritropoiese é reciclado da degradação de hemácias senescentes e somente 5% provém da dieta.



Ferro: funções

- **Cofator para diversas enzimas envolvidas nas reações de oxi-redução.**

- **Cofator para enzimas envolvidas na síntese de aminoácidos, colágeno, hormônios e neurotransmissores.**

- **Produção de energia: parte dos carregadores de elétrons que participam da cadeia de transporte de elétrons, transferindo hidrogênios e elétrons para o oxigênio, formando água e ATP.**

- **Hemoglobina e mioglobina: transporte de oxigênio.**

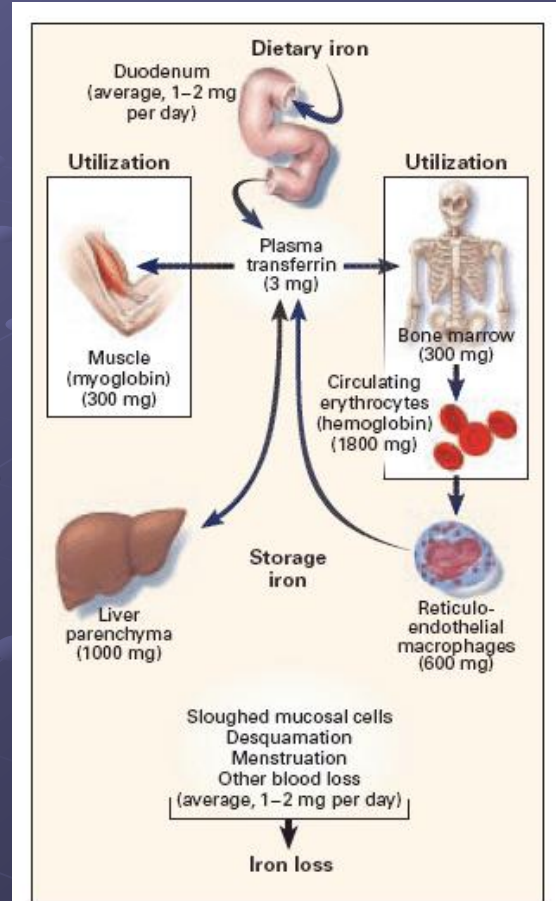


Figure 1. Distribution of Iron in Adults.

In the balanced state, 1 to 2 mg of iron enters and leaves the body each day. Dietary iron is absorbed by duodenal enterocytes. It circulates in plasma bound to transferrin. Most of the iron in the body is incorporated into hemoglobin in erythroid precursors and mature red cells. Approximately 10 to 15 percent is present in muscle fibers (in myoglobin) and other tissues (in enzymes and cytochromes). Iron is stored in parenchymal cells of the liver and reticuloendothelial macrophages. These macrophages provide most of the usable iron by degrading hemoglobin in senescent erythrocytes and reloading ferric iron onto transferrin for delivery to cells.

Necessidades de ferro

TABLE 13.1
Iron intakes required for growth under the age of 18 years, median basal iron losses, menstrual losses in women, and total absolute iron requirements

Group	Age (years)	Mean body weight (kg)	Required iron intakes for growth (mg/day)	Median basal iron losses (mg/day)	Menstrual losses		Total absolute requirements ^a	
					Median (mg/day)	95th percentile (mg/day)	Median (mg/day)	95th percentile (mg/day)
Infants and children	0.5–1	9	0.55	0.17			0.72	0.93
	1–3	13	0.27	0.19			0.46	0.58
	4–6	19	0.23	0.27			0.50	0.63
	7–10	28	0.32	0.39			0.71	0.89
Males	11–14	45	0.55	0.62			1.17	1.46
	15–17	64	0.60	0.90			1.50	1.88
	18+	75		1.05			1.05	1.37
Females	11–14 ^b	46	0.55	0.65			1.20	1.40
	11–14	46	0.55	0.65	0.48 ^c	1.90 ^c	1.68	3.27
	15–17	56	0.35	0.79	0.48 ^c	1.90 ^c	1.62	3.10
	18+	62		0.87	0.48 ^c	1.90 ^c	1.46	2.94
Postmenopausal		62		0.87			0.87	1.13
Lactating		62		1.15			1.15	1.50

^a Total absolute requirements = Requirement for growth + basal losses + menstrual losses.

^b Premenarche.

^c Effect of the normal variation in haemoglobin concentration not included in this figure.

Source: adapted, in part, from reference (8) and in part on new calculations of the distribution of iron requirements in menstruating women.

Ferro

Necessidade de ferro na gravidez

	Ferro (mg)
Feto	300
Placenta	50
Expansão eritrócitos maternos	450
Perdas basais	240
Total	1040
Balanço de ferro pós parto:	
- conservação eritrócitos mãe	+450
- perda sanguínea	-250
“saldo” de ferro	+200
Necessidade de ferro adicional	840

Ingestão recomendada (“RNI”) para ferro segundo biodisponibilidade de ferro da dieta (mg/dia)

Group	Age (years)	Mean body weight (kg)	Recommended nutrient intake (mg/day) for a dietary iron bioavailability of			
			15%	12%	10%	5%
Infants and children	0.5–1	9	6.2 ^a	7.7 ^a	9.3 ^a	18.6 ^a
	1–3	13	3.9	4.8	5.8	11.6
	4–6	19	4.2	5.3	6.3	12.6
	7–10	28	5.9	7.4	8.9	17.8
Males	11–14	45	9.7	12.2	14.6	29.2
	15–17	64	12.5	15.7	18.8	37.6
	18+	75	9.1	11.4	13.7	27.4
Females	11–14 ^b	46	9.3	11.7	14.0	28.0
	11–14	46	21.8	27.7	32.7	65.4
	15–17	56	20.7	25.8	31.0	62.0
	18+	62	19.6	24.5	29.4	58.8
Postmenopausal		62	7.5	9.4	11.3	22.6
Lactating		62	10.0	12.5	15.0	30.0

^a Bioavailability of dietary iron during this period varies greatly.

^b Pre-menarche.

Source: adapted, in part, from reference (8) and in part on new calculations of the distribution of iron requirements in menstruating women. Because of the very skewed distribution of iron requirements in these women, dietary iron requirements are calculated for four levels of dietary iron bioavailability.

Toxicidade de ferro

- ✓ **Suplementos com alta dose (50 mg/dia): efeitos gastrintestinais (obstipação, diarreia, náuseas, vômitos)**

Limites máximos (*UL*, DRIs 2001):

- 1) Acima de 14 anos, gestantes, nutrizes: 45 mg/dia**
- 2) Menores de 14 anos e bebês: 40mg/dia**

Deficiência de ferro

- ✓ **Surgimento anemia lento: processos homeostáticos que permitem que indivíduos convivam com a doença (forma subclínica) sem sinais e sintomas evidentes.**

Processo da deficiência em estágios:

- 1) Depleção estoques ferro (medula, baço e fígado): sem alterar suprimento para formação das hemácias (níveis normais de Hb, hematócrito e ferro sérico);**
- 2) Redução estoques ferro - redução ferro sérico e saturação transferrina- anemia (redução concentração Hb e baixos valores de hematócrito).**

Beard et al., 1996

Consequências da deficiência de ferro

- **Comprometimento desenvolvimento cognitivo e mental (irreversível primeiros 18 meses);**
- **Redução resistência infecções;**
- **Redução capacidade de trabalho e produtividade;**
- **Durante gravidez: ↑ mortalidade materna e da morbidade da criança;**
- **Comprometimento do crescimento e desenvolvimento físico em crianças.**

Grupos de risco



✓ **Gravidez**

Aumento das necessidades de ferro pelo aumento do volume sanguíneo e para o crescimento do feto, formação da placenta e outros tecidos maternos.

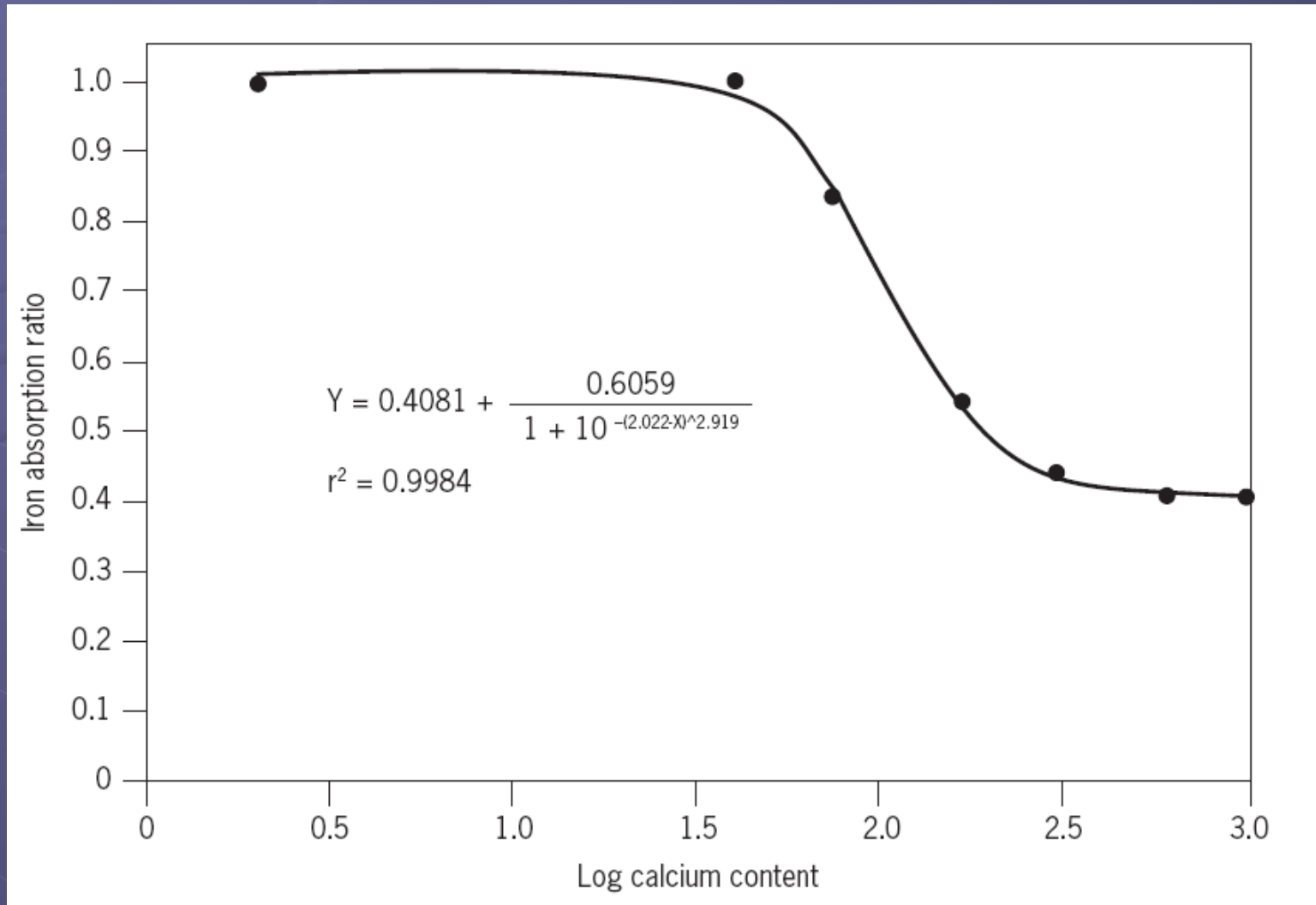
✓ **Infância**

Fatores interferem nas reservas de ferro:

- tempo de corte do cordão umbilical**
- baixo peso ao nascer**
- Prematuridade**
- Início precoce de alimentos complementares (especialmente leite de vaca)**



Efeito de diferentes quantidades de cálcio da dieta na absorção de ferro



✓ ***Outros grupos vulneráveis***

- **Adolescência:** devido à aceleração do crescimento (meninos e meninas) e à perdas menstruais (meninas).
- **Idosos:** risco reaparece associado à doenças crônicas e deficiência de vitamina B12.



Educação Alimentar: estratégias

**-Aleitamento materno
exclusivo até 6 meses;**

**-Alimentação complementar:
introdução alimentos ricos e
com alta biodisponibilidade
de ferro.**



Educação Alimentar: estratégias



- Aumento ingestão de facilitadores da absorção: Ferro heme, carne, ácido cítrico e ascórbico de frutas e vegetais;
- Redução ingestão inibidores de absorção: fitatos, polifenóis, ácido clorogênico (café), cálcio - durante as refeições principais;
- Germinação, fermentação e uso de molho para ativação de fitases naturalmente presente em cereais e leguminosas
- Aporte adequado de outros nutrientes relacionados (vitaminas A, folato, riboflavina, B₁₂).